

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra výrobních strojů a konstruování**

**Technická dokumentace  
k výrobě a renovaci insignii**

**The Technical Documentation on the  
Production and Renovation of Insignias**

**Student:**

**Bc. Petr Děrgel**

**Vedoucí diplomové práce : doc.Ing.František Helebrant, CSc.**

**Ostrava 2010**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## **Zadání diplomové práce**

Student: **Bc. Petr Děrgel**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování  
Téma: **Technická dokumentace k výrobě a renovaci insignií**  
**The Technical Documentation on the Production and Renovation of**  
**Insignias**

Zásady pro vypracování:

Pro komplexní soubor vysokoškolských insignií zpracujte kompletní technickou dokumentaci potřebnou pro výrobu a renovaci. V rámci zadání zpracujte:

1. Analýzu dané problematiky.
2. Ideový a technický návrh řešení dané problematiky.
3. Výkresovou a další potřebnou technickou a technologickou dokumentaci pro výrobu a renovaci.
4. Návod k používání a uložení.

Bližší specifikace musí vycházet z podmínek VŠB - TU Ostrava.

Seznam doporučené odborné literatury:

Podklady a podmínky zadavatele VŠB - TU Ostrava.

JENČÍK, J. – VOLF, J. a kol.: *Technická měření*, Vydavatelství ČVUT, Praha 2003, dotisk 1.vydání, 212s., ISBN 80-01-02138-6

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. František Helebrant, CSc.**

Datum zadání: 10.11.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 14. května 2010

.....  
podpis studenta



Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 14. května 2010

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Petr Děrgel

Adresa trvalého pobytu autora : Výškovická 2562/78, 700 30 Ostrava – Zábřeh

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

DĚRGEL, P. *Technická dokumentace k výrobě a renovaci insignii : diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 100 S. Vedoucí práce: Helebrant, F.

Diplomová práce se zabývá popisem vzniku výkresové a technologicko – výrobní dokumentace, potřebné ke zhotovení rektorské insignie a insignií pro jednotlivé fakulty VŠB – Technická univerzita Ostrava. Dokumentace respektuje dané normy, klade důraz na srozumitelnost, nezaměnitelnost, ekonomiku a je v souladu s dostupnými progresivními principy technologií výroby, jako konečným prvkem zabezpečujícím vyjádření a zhotovení díla v plném rozsahu. Návrh insignií využívá nejmodernější technologie výroby s matematickou precizností, čímž vzbuzuje respekt i údiv nad harmonií technicko - umělecké hodnoty s dokonalostí přírody.

## ANNOTATION OF MASTER THESIS

DERGEL, P. *The Technical Documentation on the Production and Renovation of Insignias : Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design. 2010, 100 S. Thesis head: Helebrant, F.

This thesis deals with the description of design and technology - production of documentation required for fabrication of rectors insignia and insignia for the various faculties of VSB - Technical University of Ostrava. Documentation respecting the standards, emphasis on clarity, unmistakable, economy and is consistent with the available technology of progressive principles, such as providing the final element of the expression and execution of the work in its entirety. Motion insignia uses the latest technology with mathematical precision, thereby giving respect and wonder at the harmony of technical - artistic value with the perfection of nature.

## Obsah diplomové práce

Seznam použitých zkratk	10
<b>1. Úvod</b>	<b>11</b>
<b>1.1. Inovace výrobních postupů</b>	<b>11</b>
<b>1.2. Nezastupitelnost technické dokumentace</b>	<b>12</b>
<b>2. Analýza dané problematiky</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Koncepce fakultních žezel</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Koncepce rektorského žezla</b>	<b>15</b>
<b>3. Ideový a technický návrh řešení</b>	<b>17</b>
<b>3.1. Princip řešení návrhu</b>	<b>18</b>
3.1.1. Umísťování objektů v prostoru	20
3.1.2. Náčrtová rovina	20
3.1.3. Tvorba sestav	21
3.1.4. Knihovny normalizovaných součástí	21
3.1.5. Tvorba výkresů	22
3.1.6. Tvorba ploch	23
3.1.7. Animace montážních postupů	23
3.1.8. Modelování nových výrobků	24
<b>3.2. Fakultní žezla</b>	<b>26</b>
3.2.1. Ramena hlavy	27
3.2.2. Krakorec	30
3.2.3. Znaky fakult	32
3.2.4. Prsten	33
3.2.5. KouleZEMĚ	34
3.2.6. Střední koule dělená	37
3.2.7. Noha	38
3.2.8. Nosná tyč a spojovací materiál	40
<b>3.3. Rektorské žezlo</b>	<b>41</b>
3.3.1. Hlava dělená	42
3.3.2. Znak univerzity	46

3.3.3.	Prsten rektorský .....	47
<b>4.</b>	<b>Výkresová,technická a technologická dokumentace pro výrobu.....</b>	<b>48</b>
<b>4.1.</b>	<b>Technická normalizace .....</b>	<b>48</b>
4.1.1.	Druhy norem .....	49
4.1.2.	České technické normy .....	50
4.1.3.	Výběr norem pro technickou dokumentaci .....	50
<b>4.2.</b>	<b>Výkresová dokumentace.....</b>	<b>51</b>
4.2.1.	Druhy technických výkresů .....	51
4.2.2.	Formáty výkresů .....	53
4.2.3.	Skládání výkresů.....	55
4.2.4.	Druhy čar na technických výkresech .....	55
4.2.5.	Měřítko zobrazování .....	57
4.2.6.	Technické písmo .....	58
<b>4.3.</b>	<b>Technická dokumentace výrobního procesu .....</b>	<b>58</b>
4.3.1.	Simulace obrábění.....	58
4.3.2.	Postprocesory.....	59
4.3.3.	Seřizovací dokumentace .....	60
4.3.4.	Správa programů.....	60
<b>4.4.</b>	<b>Kontrola jakosti.....</b>	<b>61</b>
<b>5.</b>	<b>Výroba dle technické dokumentace.....</b>	<b>62</b>
<b>5.1.</b>	<b>Frézování - 4 až 5 osé indexování.....</b>	<b>62</b>
<b>5.2.</b>	<b>Frézování - 5 os souvisle.....</b>	<b>62</b>
<b>5.3.</b>	<b>Konkrétní postup při výrobě hlavy dělené.....</b>	<b>63</b>
5.3.1.	1 Operace .....	63
5.3.2.	2 Operace .....	63
5.3.3.	Soustružení.....	63
5.3.4.	Frézování .....	65
5.3.5.	Výroba 3D modelů ze 3D dat bez forem .....	69
5.3.6.	Technologie řezání vodním paprskem .....	70
<b>5.4.</b>	<b>Drátořez - 2 osy.....</b>	<b>72</b>
<b>5.5.</b>	<b>Drátořez - 4 osy.....</b>	<b>73</b>

<b>6.</b>	<b>Návod k uložení .....</b>	<b>74</b>
<b>7.</b>	<b>Návod k používání.....</b>	<b>78</b>
<b>8.</b>	<b>Hodnocení výsledků .....</b>	<b>80</b>
<b>9.</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>82</b>
<b>10.</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>85</b>
<b>11.</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>99</b>

## Seznam použitých zkratk

<b>CAD</b>	-	<b>Computer Aided Design</b> - <i>počítačem podporované navrhování</i>
<b>CAE</b>	-	<b>Computer Aided Engineering</b> - <i>počítačem podporované konstruování</i>
<b>CAM</b>	-	<b>Computer Aided Manufacturing</b> - <i>počítačem podporovaná výroba</i>
<b>CMMS</b>	-	<b>Computerized Maintenance Management Software</b> - <i>systémy řízení údržby</i>
<b>CNC</b>	-	<b>Computer Numerical Control</b> - <i>řízení obráběcího stroje počítačem</i>
<b>ČSN</b>	-	<b>Česká Státní Norma</b> - <i>technická norma</i>
<b>DWF</b>	-	<b>Design Web Format</b> - <i>komprimovaný formát souborů pro elektronické publikování 2D a 3D návrhových dat</i>
<b>DWG</b>	-	<b>DraWinG</b> - <i>binární formát souborů výkresů pro reprezent.CAD dat</i>
<b>DXF</b>	-	<b>Drawing Interchange Format</b> - <i>textový formát souborů výkresů</i>
<b>EN</b>	-	<b>CeloEvropské Normy</b>
<b>EU</b>	-	<b>Evropská Unie</b>
<b>FEM</b>	-	<b>Finite Elements Method</b> - <i>metoda konečných prvků (MKP)</i>
<b>ISO</b>	-	<b>International Organization for Standardization</b> - <i>mezinárodní normy</i>
<b>ON</b>	-	<b>Oborové Normy</b>
<b>PC</b>	-	<b>Personal Computer</b> - <i>osobní počítač</i>
<b>PN</b>	-	<b>Podnikové Normy</b>
<b>STEP</b>	-	<b>STandard for EXchange of Product model data</b> - <i>Výměnný souborový formát pro 3D CAD data používaný ve strojírenství</i>
<b>STL</b>	-	<b>STereoLitografie</b> - <i>formát dat pro Rapid Prototyping</i>
<b>SW</b>	-	<b>SoftWare</b> - <i>programové vybavení počítače</i>

# 1. Úvod

Při zhotovení jakéhokoliv výrobku v minulosti vznikala výhradně představa finálního produktu virtuálně v mysli člověka (konstruktéra) ve 3D prostorové představě. Po vyřešení koncepce (celku) a na základě dostupných znalostí jednotlivce o technologii a možnostech výroby se přetvářela podoba těchto myšlenek do tištěné papírové formy 2D - výkresové, technické a technologické dokumentace pro výrobu a další potřeby. Poté následovalo při výrobě opět transformace myšlenek 2D získané z dokumentace do prostorového vnímání v myšlenkách tvůrce a realizaci vlastního zhotovení odborným pracovníkem se specifikací na určitou činnost.

Konstruktér je odborná profese především ve strojírenském a elektrotechnickém průmyslu. Konstruktor se zabývá návrhem a vývojem dopravních prostředků, strojů, přístrojů, zařízení, nebo obecně věcí za účelem tvorby technické dokumentace k jejich výrobě. Výsledkem jeho práce je technická dokumentace k výrobku - výkresová dokumentace, nebo model a další doplňující dokumentace, dle které lze konkrétní výrobek zhotovit.

## 1.1. Inovace výrobních postupů

Dnes, díky revolučnímu nástupu výpočetní techniky v 90.létech a její stále se rozvíjejícím možnostem, je umožněn kromě výše popsaného principu vývoj výrobku realizovat přímo v SW PC a vytvořit tak předměty, která mají nejen plošné zobrazení 2D, ale i objemové vytvoření v prostoru – tedy 3D. Takto vytvořené tělesa – modely mají obrovský vliv pro následnou výrobu, vývoj, analýzy i umělecké představy, jak konečně prezentuje i tato práce. V některých technologiích výroby zcela odpadá převod dokumentace z 3D na 2D a zpět na 3D, protože CNC výrobní zařízení je programováno přímo načtením dat (z tvaru) modelu v měřítku 1:1. Jeden zkušený vyškolený pracovník znalý programování zajistí technologii výroby s chirurgickou přesností a opakovatelností dokonce

v prostorách, nedostupných běžným klasickým technologiím. Přitom si možná ani neuvědomuje, že zastává vysoce odbornou práci zkušeného technologa výroby a mnoha obráběčů s dlouholetou praxí a zkušenostmi. U některých technologií výroby si CNC zařízení propočítává samo dle naprogramovaných hodnot nejvhodnější trajektorii dráhy, volí otáčky, posuvy a řezné rychlosti v závislosti na preferencích, které umožní zadat obsluze jen v omezené míře.

## **1.2. Nezastupitelnost technické dokumentace**

Nový výrobek ve většině případů není tvořen jednou součástí, ale sestavením celé řady normalizovaných a nenormalizovaných dílců. Proto je vždy potřebná technická dokumentace v souladu s platnými zákony a normami.

### **Technická dokumentace obsahuje :**

1. Technické podmínky pro výrobu
2. Výkresovou dokumentaci
3. Technologické postupy výroby
4. Systém kontroly jakosti při výrobě
5. Montážní návod
6. Návod na údržbu

Výkresová dokumentace hraje v technické oblasti nezastupitelnou roli. Rovněž v době digitálního zpracování dat je základním vyjadřovacím prostředkem konstruktéra. V praxi se i v případě přímého přenosu geometrických dat na výrobní zařízení často vyskytuje nutnost zjištění údajů z výkresové dokumentace. Typickým případem jsou například lisovací nástroje pro výrobu složitých tvarovaných součástí pomocí technologie tažení. Funkční část nástroje je definována pomocí obecných ploch, jejichž geometrii je možné popsat na výkrese pouze problematicky. Právě zde je nutné přenášet geometrii přímo pomocí dat do CAM systému a zde prostřednictvím technologických postupů vytvořit řídicí program pro obráběcí stroj.



V každém případě stejně jako v životě, má písemná podoba jasnou nezastupitelnou vypovídací schopnost (na papíře), stejně tak i písemná technická dokumentace je důležitá pro další činnost – právní odpovědnost, obchodně technické aspekty, provoz a údržba atd.

## 2. Analýza dané problematiky

Od rektora VŠB TU Ostrava jsem obdržel požadavek na vypracování návrhu Insignií – žezla. Jednalo se o sedm kusů fakultních žezel dle symbolů jednotlivých fakult a dva kusy rektorské žezla. Navrhl jsem několik modifikací fakultního žezla pro posouzení a rozhodnutí vedení a ostatní orgány univerzity.



Obrázek 1 - Finální výrobek obou koncepcí

Návrh byl přijat s tím, že povrch musí být na všech žezlech barvy stříbrné. Mojí snahou bylo, navrhnout žezla honosné, které by reprezentovaly, byly jedinečné, důstojné, originální a skloubily techniku s uměním.

Návrh řeší zachování originality, reprezentaci, respekt i technické vyjádření, jako poselství souznění přírody s technikou a hledáním zákonitých vztahů mezi abstrakcí a entitami, přechod od smyslového k racionálnímu poznání.



Obrázek 2 - Poměrová studie

V práci je zachycen myšlenkový pochod díla jako celku, tak i jednotlivé komponenty od návrhu až po výrobu jednotlivých komponentů.

## 2.1. Koncepce fakultních žezel

V návrhu fakultních žezel jsem vycházel z ideje vytvořit návrh naprosto identický pro všechny fakulty a zároveň s jasným rozlišením každého žezla. Jediným prvkem, který toto splňoval, byly znaky jednotlivých fakult. Tento znak jsem chtěl umístit do středu hlavy žezla. Tímto umístěním jsem musel vyřešit problém, jak plošný znak ve 2D vyjádřit v prostoru 3D. S využitím znalostí geometrie a axonometrického promítání mi vyšla koncepce návrhu tří znaků svázaných do kruhu vzájemně k sobě přilehlých. Z důvodu nepravidelných tvarů na bocích znaku jsem důkladnou analýzou v kreslícím CAD SW vytvořil trajektorii zakřivení konvexního tvaru přední plochy znaku (v ose x). Tímto jsem zúžil tloušťku boční hrany znaku, kterými se spojují jednotlivé znaky k sobě.

Ramena jsou vyrobena z jednoho dílu a v horní části jsou svázána prstenem. Navrhl jsem 7 ramen podle počtu fakult. V ramenech jsou otvory pro světlovodní kabely, které směřují do středu vnitřního kulového prostoru KouleZEMĚ. Těmito světlovodními kabely je zajištěna poloha KouleZEMĚ. V původní koncepci měly být ve vnitřní horní části ramen umístěny po třech kusech rozložené neodymové magnety, které by vytvořily permanentní magnetické pole, ve kterém by levitovala kulička (šém), opatřená magnety s obrácenou polarizací. Problém dodnes nevyřešený však nastal homogenizací magnetického pole při konstrukci sedmi ramen. (prvočíslo neslučitelné se symetrickým rozdělením v kulové ploše). Náhradním řešením šému byla inverzně otočená zeměkoule – KouleZEMĚ. Povrchová úprava byla na přání vedení školy provedena ve stříbrné barvě.

## 2.2. Koncepce rektorského žezla

V grafickém návrhu hlavy rektorského žezla jsem řešil vypracování takové koncepce, která by navazovala na všechny komponenty fakultního žezla, včetně ramen, avšak měla navýšenou uměleckou hodnotu a vyjadřovala by větší důraz a nadřazenost fakultnímu provedení. Toto jsem chtěl vyřešit na první pohled zvětšením objemu této části k vyjádření ještě vyšší honosnosti.



Obrázek 3 - Spodní pohled na rozdíly žezel



Obrázek 4 – Koncepce rektorské (vlevo) a fakultní (vpravo) žezlo

Navíc jsem do této části chtěl vytvořit utajený prostor pro ukládání odkazu příštím generacím ve formě nosiče elektronických dat – media DVD, případně flash. Jsem si jistý, že v případě nalezení tohoto žezla v daleké budoucnosti jakoukoliv bytostí bude jasné, že tento předmět není přírodním úkazem, ale byl vyroben inteligentními bytostmi. Při podrobném zkoumání by tak mohlo být

odhaleno poselství, o jejímž obsahu rozhodne vedení univerzity, jaké informace v tomto důstojném prostoru budou uloženy.



**Obrázek 5 - Prostor pro uložení odkazu**

Při řešení tohoto zadání vznikla koncepce dělené střední části hlavy. Konečná podoba dala vyniknout CNC opracování 5-ti osým centrem. Jako materiál jsem volil hliníkovou slitinu. V modelech vyniká jak čistota venkovních tvarů, tak vnitřních prostorů znázorňujících vzájemný průnik tří těles.

### **3. Ideový a technický návrh řešení**

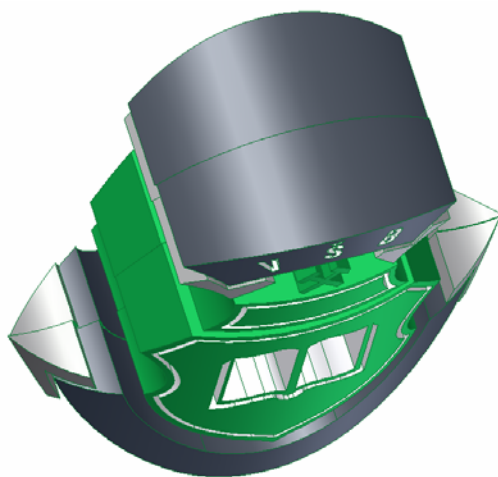
Zdalo by se, že v oblasti lidské činnosti matematika a umění stojí na protilehlých pólech a že se někdy až vylučují. Ale i v matematice je kus umění. O vztahu matematiky a umění svědčí i to, že mnozí vynikající výtvarníci byli výbornými matematiky. Dodnes obdivujeme dokonalost antického sochařského umění. Jeho krása spočívá v zachování proporcí. Antičtí sochaři tvořili nejen na základě umělecké intuice, ale i na základě vypočtených proporcí. Geometrie se stala prostředkem pro vyjádření harmonie tvaru lidského těla. Odpovídá poměru

zlatého řezu úsečky 1:0,618 a většině lidí se převážně takovéto obrazce líbí. Výsledky mnoha prací nasvědčují, že tato skutečnost souvisí s činností mozku. Přesněji s tím, že při pozorování předmětů obsahujícím poměry zlatého řezu, vyvolávají vzniklé signály mimořádně příznivou informační rezonanci.

Staří Řekové si nedokázali poměr zlatého řezu vypočítat, ale uměli ho narýsovat. Pro pythagorejce, kteří si za znak svého tajného bratrstva zvolili pentagram, bylo odhalení přesné konstrukce otázkou odhalení další hluboké pravdy kosmu. Pentagram (penta - pět, grame - čára) neboli pěticípá hvězda, nakreslená jedním tahem, má sice chybu krásy, neboť ji křižují čáry a oddělují ramena od středu, ale dělí vzdálenost mezi vrcholy právě v poměru zlatého řezu. Pentagram měli Řekové ve velké úctě, neboť názorně představoval to, co neuměli vyjádřit číselným poměrem. Zákonitost, která se v pentagramu ukrývala, z něj učinila tajemný symbol dokonalosti vesmíru.

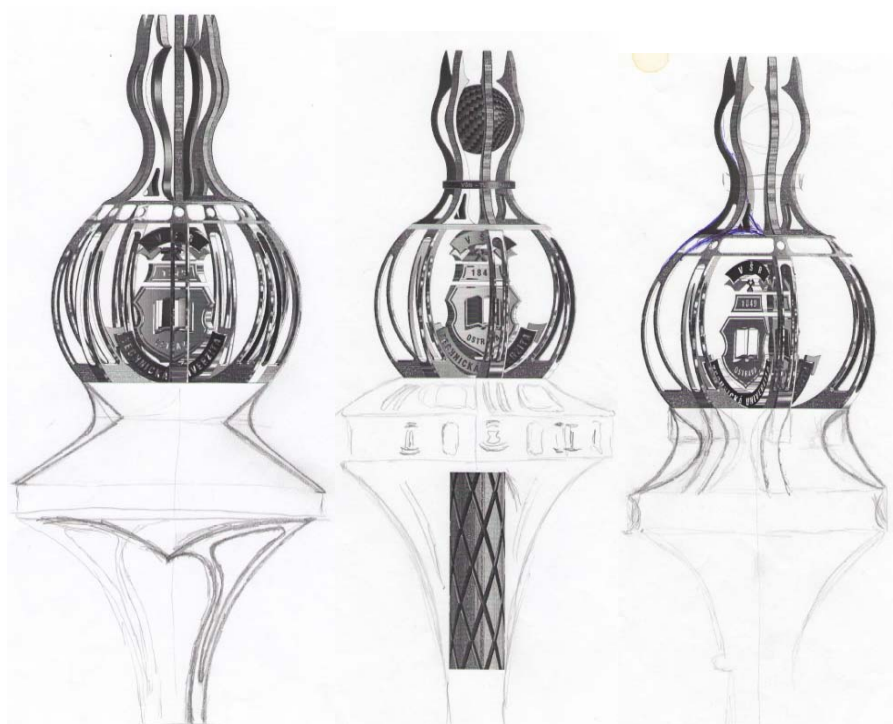
### 3.1. Princip řešení návrhu

Prvotní náčrt jsem začal tvořit skicováním ve 2D, čímž jsem nejrychleji ztvárnil a přenesl myšlenky na papír. Jednalo se o nastínění koncepce návrhu a výběr směru návrhu.

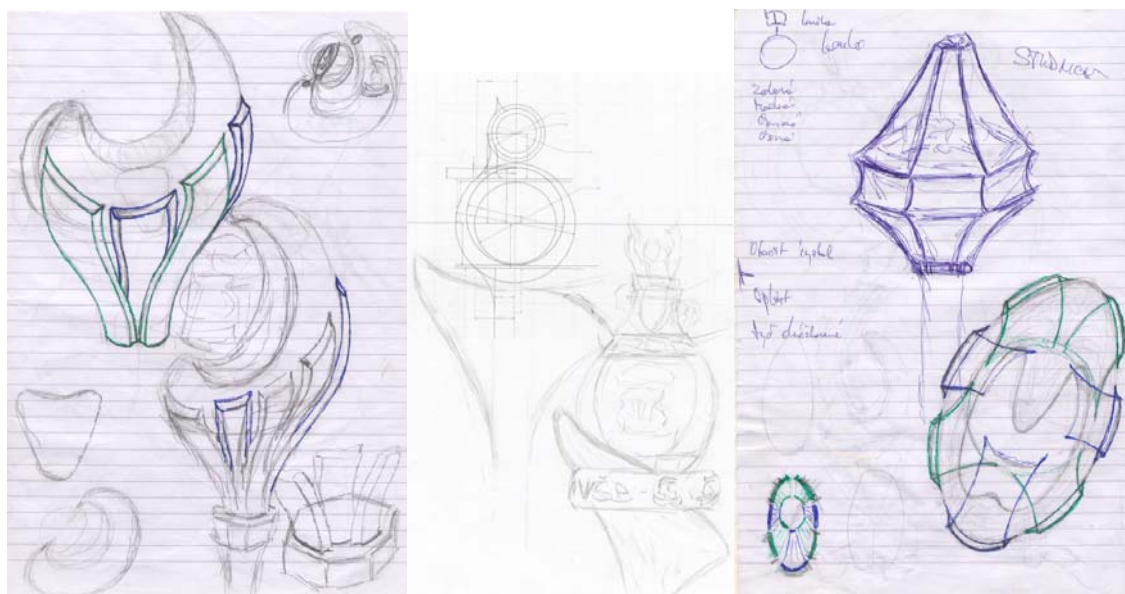


Obrázek 6 – Návrh 2 znaků do prostoru (nevyniká)





Obrázek 7 – Skicování do modelů (tuto metodu používám v praxi také do fotek zařízení)



Obrázek 8 – První náčrty skic rukou

Návrh byl vytvořen ve strojním parametrickém modeláři 3D CAD - SW PC. Mohl jsem tak vytvořit mnoho návrhů a jejich kombinací, včetně různého

barevného provedení či textur (strukturovaného povrchu). Přiblížím obecně tvorbu jednotlivých komponentů i složení celku.

### **3.1.1. Umísťování objektů v prostoru**

Většina parametrických modelářů obsahuje velké množství pomůcek pro úpravu polohy souřadných systémů definujících náčrtové, pracovní a pomocné souřadné roviny. Tyto pomůcky slouží pro přesnou orientaci a definici souřadnic geometrie náčrtů a pracovních prvků. Přes možnost definovat polohu objektů ve všech třech osách současně, se daleko častěji používá při prostorovém modelování definice bodů v rovině (dvou osách). Rozměry objektů jsou v prostoru zkresleny a není snadné je přesně definovat bez dobré prostorové představivosti.

Vhodnou kombinací pracovních prvků a pomocných konstrukčních čar lze často vyřešit i definice velmi složité geometrie.

### **3.1.2. Náčrtová rovina**

V parametrickém modelování se soustředí hlavní pozornost především na transformace polohy pracovní souřadné roviny xy, kterou nazýváme náčrtová rovina. V náčrtové rovině jsou konstruovány objekty pro tvorbu součástí v podobě náčrtů, kde lze vytvářet profily načrtnutých prvků, nebo definovat řezy. Náčrtové roviny mají všestranné použití jak při modelování součástí, tak při tvorbě ploch.

Náčrtová rovina tvoří v podstatě vztahný souřadný systém, jehož poloha je definována pomocí aktuální polohy souřadného systému. Objekty v náčrtové rovině mohou být díky hybridnímu modelování určeny plnou nebo částečnou parametrizací. Vytvořené objekty v náčrtové rovině jsou zobrazovány v objektovém prohlížeči. Pomocí objektového prohlížeče je možné se k editaci náčrtu kdykoliv vrátit a upřesnit rozměry nebo polohu náčrtu.

Správné pochopení jejich tvorby je velmi důležité pro zvládnutí libovolné aplikace pracující na základě parametrického a adaptivního modelování.



### **3.1.3. Tvorba sestav**

Nový výrobek není většinou tvořen jednou součástí, ale sestavením celé řady normalizovaných a nenormalizovaných dílců. CAD SW umožňuje nejenom skládat sestavy z již hotových dílů, ale v rámci sestavy nové díly vytvářet. V této souvislosti hovoříme o tzv. filozofii práce v sestavách. Adaptivní technologie umožňuje vyřešit funkci výrobku dříve, než se budeme zabývat jeho tvarem. Vše je umocněno možností pracovat na sestavách několika konstruktérům najednou, čímž se výrazně zkrátí doba navrhování.

Po načtení, respektive vytvoření součástí v režimu sestavy je nutné tyto prvky vzájemně provázat a tím vytvořit výsledný tvar.

### **3.1.4. Knihovny normalizovaných součástí**

Pro strojírenství i řadu jiných technických oblastí je typické použití různých normalizovaných dílců a součástí. V současné době se velmi často nový výrobek projektuje jinde, než se vyrábí. Normalizace nejen, že zaručuje rychlou a levnou výměnu, ale také výrazné snížení nákladů. Pro tvorbu technické dokumentace je tedy výrazným přínosem použití knihoven standardizovaných dílů a komponent.

Knihovna obsahuje modely parametrických šroubů, matic, podložek, kolíků, atd., které lze jednoduše vkládat přímo do sestavy. Normalizované součásti jsou standardně umísťovány do knihoven, které využívají plně otevřené architektury modelovacího systému. To znamená, že podle úrovně propracovanosti se nemusí jednat pouze "o mrtvé" součásti, ale mohou být plně začleněny a propojeny s databází, kusovníky nebo jinými komponentami sestavy.

Normálie jsou v podstatě parametrické modely řízené pomocí tabulkových hodnot proměnných databáze. Jedná se o generovanou geometrii. Z tohoto důvodu není databáze tolik rozsáhlá jak by uživatel předpokládal a obsahuje pouze geometrii typizovaného zástupce, která se modifikuje právě hodnotami z tabulek.

### 3.1.5. Tvorba výkresů

Po vytvoření modelu součásti je dalším neméně důležitým krokem tvorba výkresu, potřebného pro výrobu. Možnosti CAD systému v oblasti 3D má nezastupitelnou úlohu a možnosti v oblasti 2D - části určené pro tvorbu výkresové dokumentace pomocí asociativních pohledů.

Základní funkce, které musí mít 2D část modelovacího software tak, aby byla použitelná pro tvorbu plnohodnotné asociativní dokumentace:

- Generování asociativních pohledů a všech základních typů řezů přímo z modelu sestavy nebo součásti.
- Možnost modifikace viditelnosti čar - jak tangenciálních tak neviditelných.
- Musí existovat nástroje pro tvorbu kót všech typů, pozic, značek drsnosti, tolerancí tvarů a polohy, svarů a uživatelsky generovaných symbolů.
- Aplikace musí umožňovat vytvoření zákaznických razítek, tabulek a formátů výkresů s možností vytvoření šablon a stylů.
- Musí být přímo podporováno vykreslování na standardní zařízení.

Snaha SW je poskytnout uživateli precizní nástroje pro plnohodnotné spojení postupů modelování s tvorbou asociované výkresové dokumentace. Pro tvorbu nového výkresu je nutné mít předem připravenou součást, sestavu nebo montážní sestavu. Nemusí se jednat o finální podobu, protože výkresové pohledy jsou vždy úzce spjaté s modely pomocí asociativity. Z praxe je ale možné jedině doporučit tvorbu výkresové dokumentace až v závěrečné fázi po modifikacích všech zobrazených součástí.

Do výkresu lze navíc vložit libovolný 2D objekt, a ten využít například jako rohové razítko, rámec, nebo část bloku. Importovaná geometrie ovšem vyžaduje úpravu především textů a atributů. Zásadní spory v této oblasti je právě původní oblast nasazení 3D systémů pro tvorbu tvarově náročných součástí s přímou vazbou na výrobu pomocí CNC strojů.

Častým argumentem bývá také možnost převzetí parametrů z geometrie součástí do výkresových pohledů. Je nutné si uvědomit, že rozměrové vazby

mnohdy nemají s technologickým kótováním pro výrobu nic společného a prakticky jsou pro správnou konstruktérskou definici geometrie a rozměrů součástí nepoužitelné! Nástroje pro kótování musí být tedy naprosto precizní.

### **3.1.6. Tvorba ploch**

Základním nástrojem pro tvorbu ploch jsou různé typy křivek. Může se jednat o docela obyčejné úsečky a oblouky, ale pro definici ploch mohou být použity také matematické křivky generované pomocí parametrických rovnic. Samostatnou kategorií pak představují již popsané volné plochy vytvářené pomocí spline křivek. Při tvorbě ploch využíváme několik základních konstrukčních prvků, které jsou společné pro všechny typy ploch.

Vektory orientovaných čar se využívají především při programování pětiosých NC (Numeric Control) frézovacích strojů, CMM (Coordinate Measuring Machines) kontrolních přístrojů a pětiosých laserových řezacích zařízení. Otáčení vektorů upravuje u těchto zařízení nastavení pracovních úhlů nástrojů.

V praxi je velmi obtížné u složitých tvarů použít pouze jediné plochy, proto je nutné plochy vzájemně spojovat. Spojení ploch znamená nejen vytvoření společné hraniční křivky, ale často musí být doplněno detailním rozbořem vzájemné tečnosti sousedních ploch. Prakticky nesmí být narušena hladkost ploch a pláty musí tvořit kompaktní celek. Této metodě říkáme plátování ploch.

### **3.1.7. Animace montážních postupů**

SW CAD umožňuje díky existenci vazeb součástí v sestavě nejen vyhodnocování kolizních stavů, ale také animaci montážních postupů. Jedná se o možnost velmi názorné prezentace tvorby sestavy, která je tak popsána nejen z hlediska tradičních metod technického kreslení, ale jako celek dostává zcela jinou vypovídající schopnost vhodnou pro řadu oblastí.

- Adaptivní parametrické sestavy jsou vhodným zdrojem informací pro vytvoření názorných montážních animací u složitých sestavení

- Animované montážní sestavy mohou být efektivně využity pro školení servisních techniků, nebo pro školení obsluhy provádějící montáž zařízení
- Jsou velmi efektním nástrojem pro prezentaci výrobku laické veřejnosti a nemusí být skryty v složitých technických znalostech

Animace jsou velmi vhodné pro obchodní účely při prodeji nových výrobků, nebo pro předvedení navržené konstrukce. Na přiloženém CD je prezentace prvního návrhu žezla s rozkladem komponentů.

### 3.1.8. Modelování nových výrobků

***Prostorové modelování klasické*** - starší metoda tvorby objektů, kdy využíváme určitých technik a postupů pro vytvoření 3D modelu. Jejich tvorba vychází často z plošného zobrazení a výsledný model nemá žádné zpětné vazby na 2D zobrazení. První prostorové modely bylo možné tvořit již na osmibitových počítačích, připomenu např. Sinclair ZX 80, na kterém již existovala aplikace pro tvorbu rotačních modelů těles.

***Prostorové modelování parametrické*** - revoluční technika prostorového modelování. Jedná se o postupy tvorby prostorových modelů, které zcela obrací běžné postupy při tvorbě technické dokumentace. Návrh nového výrobku již nezačíná zpracování 2D pohledů s kótami na výkrese, ale tvorbou vlastního výrobku v prostoru s parametry popisujícími jeho geometrické charakteristiky. Výkresová dokumentace je dodatečně vygenerována. Úprava modelu vyvolá okamžité překreslení výkresové 2D dokumentace.

***Prostorové modelování adaptivní*** - je výsledkem snahy vytvořit úzkou vazbu mezi modelováním součástí a sestav při maximální optimalizaci uživatelského přístupu. Na uživatele parametrických systémů jsou běžně kladeny velké požadavky na znalost obsluhy systému, která může být společně

se změnou myšlení výraznou překážkou při nasazení 3D modelovacích systémů v praxi. Adaptivní modelování se snaží například výrazně zjednodušit tvorbu sestav při přímé vazbě na kinematiku a názornost počátečního řešení problému. U takto vytvořeného modelu sestavy nejsou rozměry jako u parametrického modelování určeny konkrétními hodnotami, ale pomocí vazeb, které vzájemně spolu souvisí.

***Modelování jako směr vývoje CA aplikací v nejbližších letech*** - v současné době neexistuje progresivnější a produktivnější metoda počítačové konstrukce a navrhování. Pro podnik či firmu, která má vlastní vývoj nových produktů, je tento směr v CAD technologiích do budoucna nejefektivnější. Na jednoduchém příkladu vysvětlím podstatu parametrického modelování. Podklad pro tvorbu znaku měl rozměr 500 mm na výšku. Pokud bych mohl použít parametrické modelování, mohl bych překreslit křivky znaku na náčrtovou rovinu a parametricky později změnit výšku znaku na požadovaný rozměr 83 mm. Jelikož jsem tuto možnost neměl, musel jsem pracně každý znak překreslovat samostatně po předchozím zmenšení předlohy. V běžné konstrukci tato úprava znamená přepracování výkresové dokumentace a stovky hodin práce.

U parametrizace pouze změníme příslušný parametr (délku) a necháme model s návaznou výkresovou dokumentací přepočítat. Počítač provede úpravy jak v prostoru, tak ve vázaných pohledech v sestavách a výrobních výkresech. Konstruktor se stává opravdovým návrhářem, který se již tolik nemusí zabývat náležitostmi výkresové dokumentace. Veškeré modifikace jsou relativně snadné, soustředí se pouze na úpravu parametrů a geometrické charakteristiky modelu. Ostatní, od regenerace tvaru součástí, vazeb až po opravu dokumentace zajistí počítač.

### 3.2. Fakultní žezla

Znak jsem umístil na nosný krakorec pomocí šroubového spojení. Matice tohoto šroubení (závitová tyč) je umístěna do otvoru v horní části krakorce a prochází až do střední kulové části, ve které je zhotoven závit pro sešroubování krakorce horní tyče a střední horní koule.



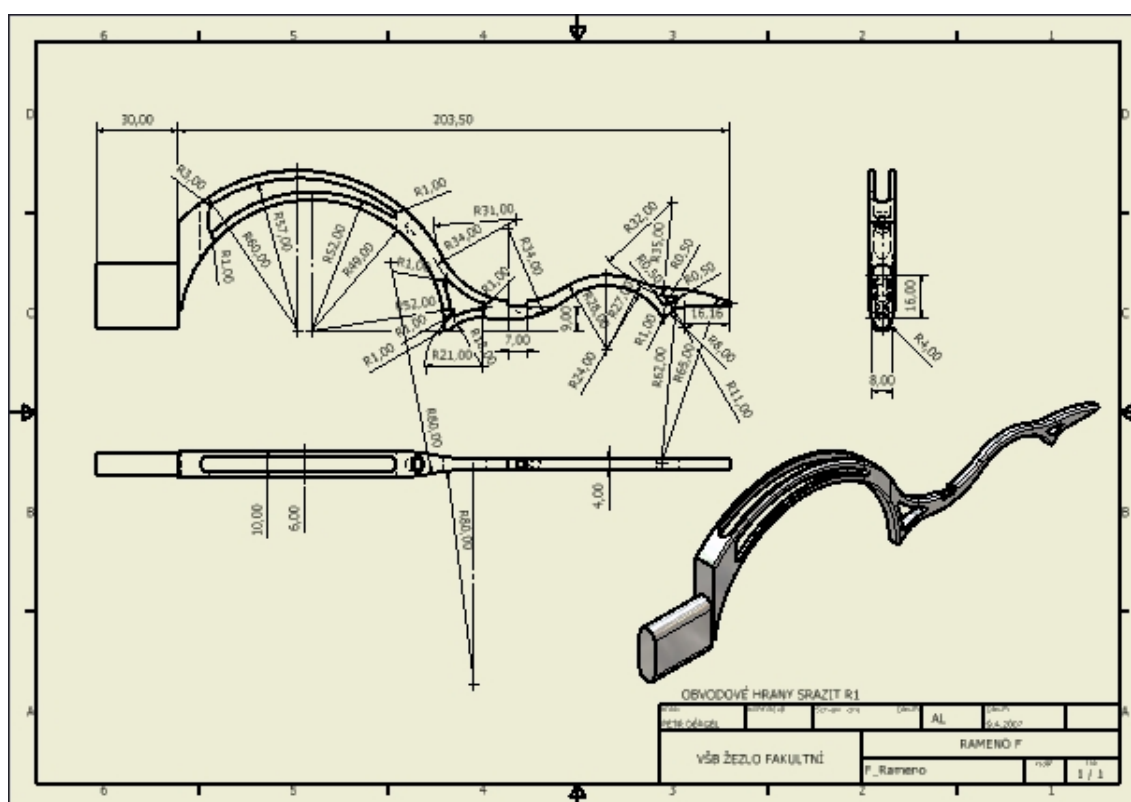
Obrázek 9 - Hlava fakultního žezla (barevně zvýrazněné linie)

Procházející matice v horní části krakorce svým přesahem zabezpečují polohu ramen v eliptických drážkách krakorce proti axiálnímu vysunutí.





Obrázek 12 - Tvorba počtu a tvaru horní části



Obrázek 13 - Výkres pro opracování vodním paprskem



Ramena jsou vyrobena z hliníkové slitiny – desky tl. 10mm. První operace je provedena technologií řezání vodním paprskem z boční strany ramene. Výrobními podklady pro tuto operaci je návrh ve 2D v datovém formátu .dwg.



**Obrázek 14 – Konečná podoba ramen (zvýrazněné hrany)**

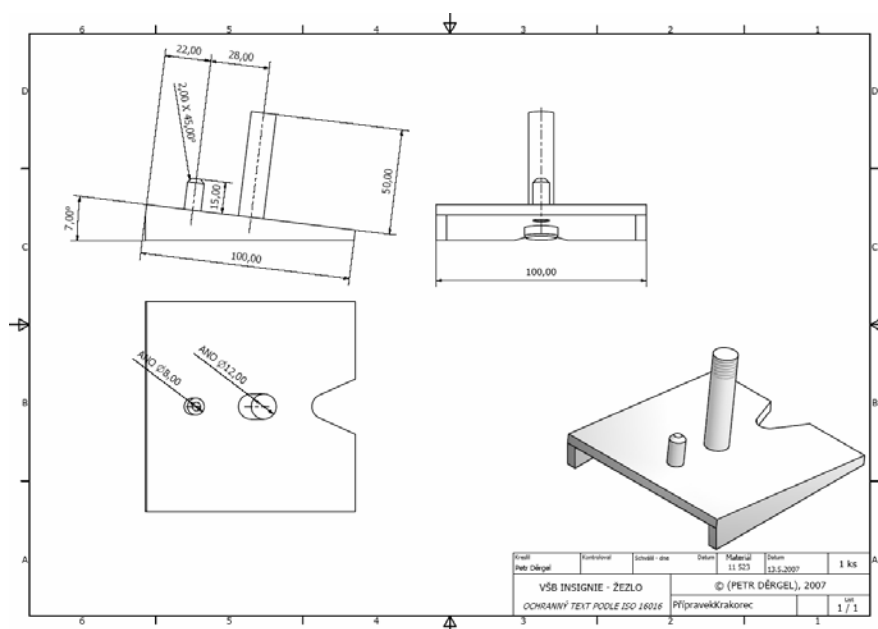
Další operace byla provedena drátořezem 2-osým. Podkladem pro tuto operaci je návrh ve 2D v datovém formátu .dwg v příčném pohledu.

Následovala výrobní operace vyhotovení eliptického osazení pro vložení ramen do hlavy. S touto operací se zároveň zhotovil otvor  $\varnothing 6$  mm se zahloubením pro diamant a otvor pro vložení světlovodního kabelu  $\varnothing 3$  mm. Tyto operace byly provedeny na CNC centru – 5.-osém.





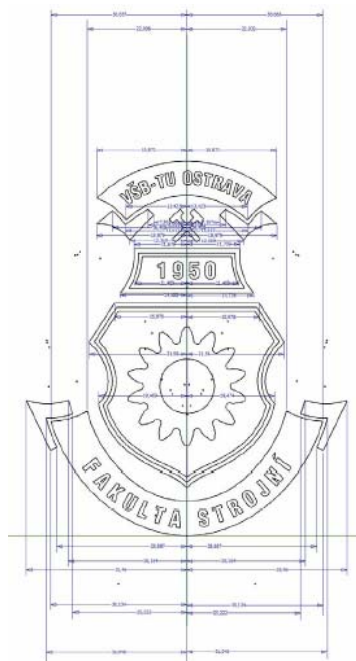
Obrázek 16 - Pohled na model (zvýrazněné hrany)



Obrázek 17 - Přípravek pro technologii výroby

### 3.2.3. Znaký fakult

Výroba znaků technologií 3D print.



Obrázek 18 - Předloha po překreslení



Obrázek 19 – Pohled na hranu všech znaků

Na obrázku je vidět vyřešení zachování základního tvaru (siluety) a zároveň struktury vzhledu tělesa znaku při změnách pohledových úhlů. Zvláště zde vyniká linie křivosti trajektorie řídící zakřivení čelních ploch ve dvou osách.



Obrázek 20 - Pohled na čelní plochu všech znaků

### 3.2.4. Prsten

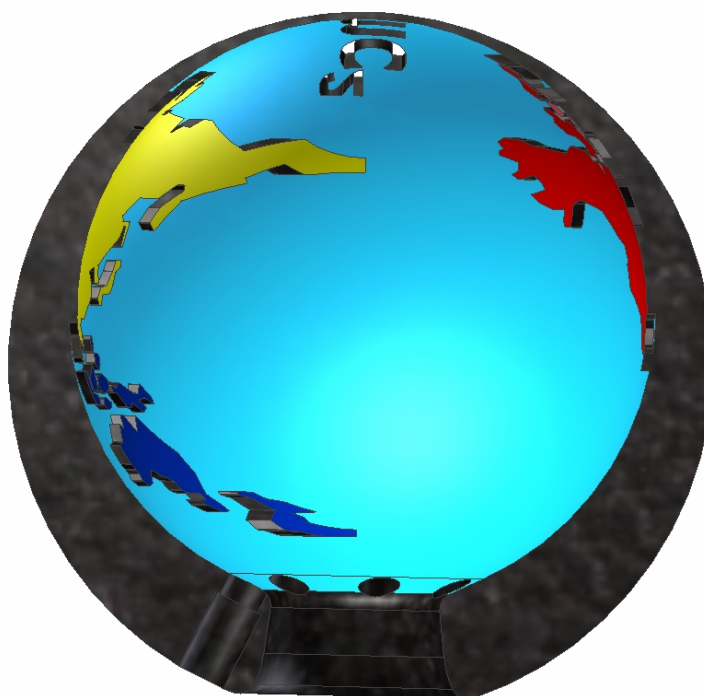
Prsten fakultního žezla je zhotoven z oceli tř. 17 a vyrobený dle výkresové dokumentace na soustruhu. Vnitřní výřezy pro ramena jsou zhotoveny vodním paprskem. Nápis je proveden na CNC 5-os kulovou frézou a barevně zvýrazněn.



Obrázek 21 - Prsten ramen

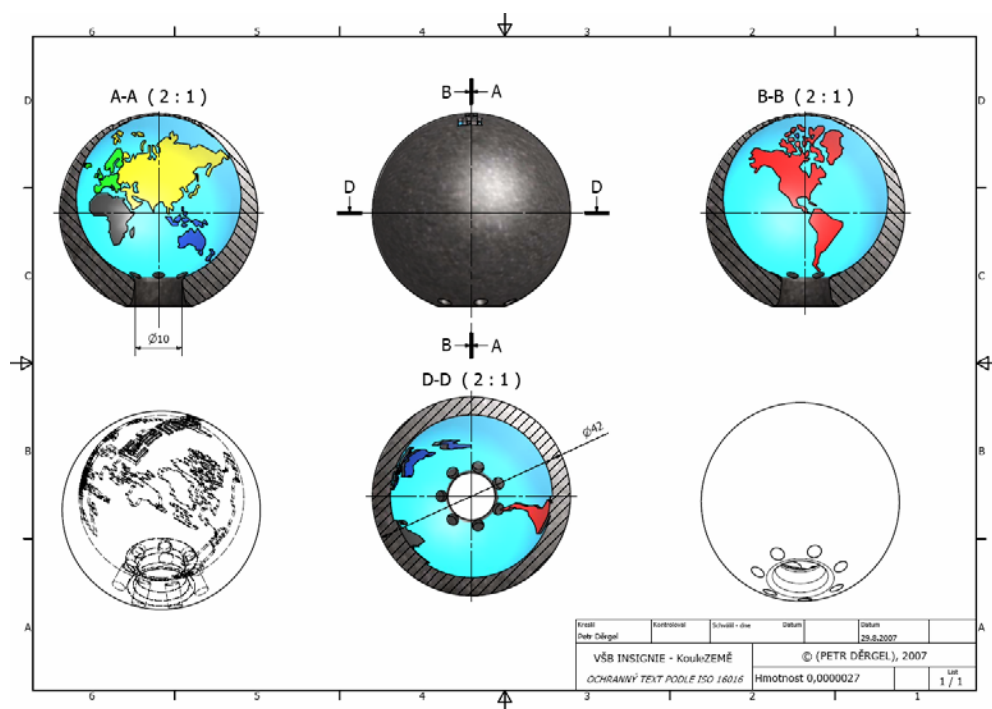
### 3.2.5. KouleZEMĚ

Výroba koule technologií 3D print. V řezu jsou viditelné vystupující světadíly z moře.

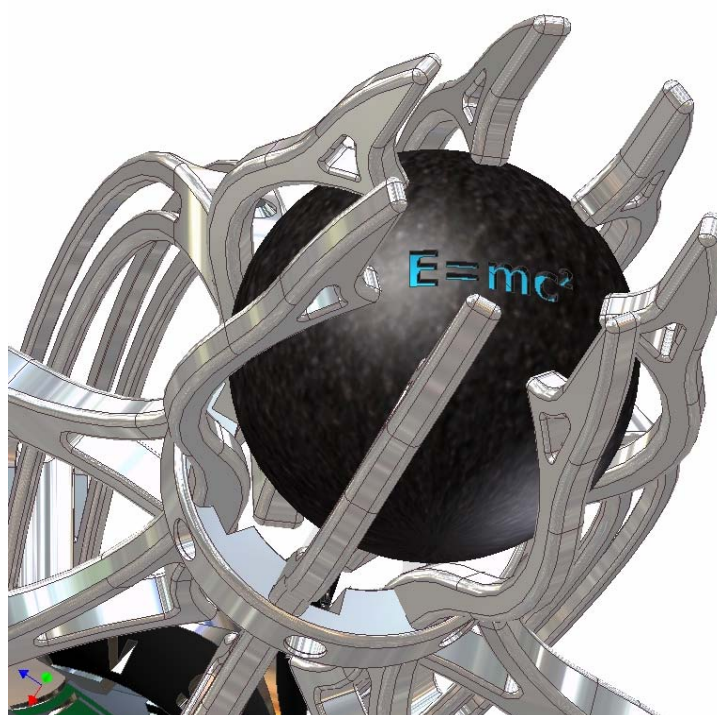


Obrázek 22 - KouleZEMĚ





Obrázek 23 - Kontrolní výkres



Obrázek 24 - Uchycení KouleZEMĚ s formulí



Obrázek 25 - Pohled do uzavřeného kulového prostoru vesmíru

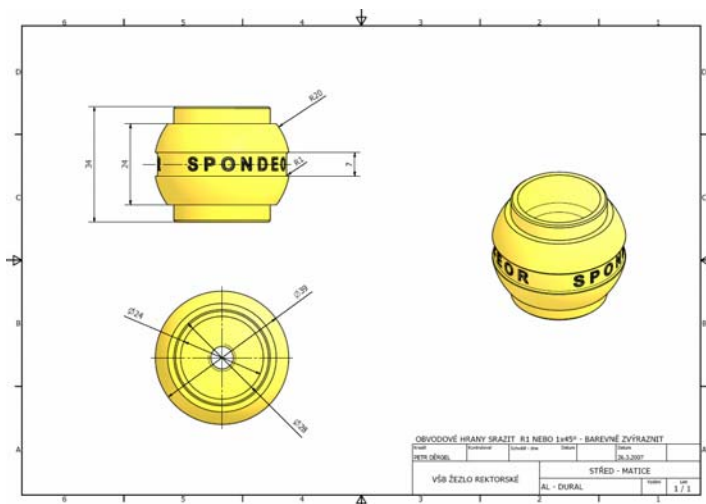


Obrázek 26 - Prsten svírá ramena v energetickém přechodu do vesmíru



### 3.2.6. Střední koule dělená

Střední koule musela být v průběhu výroby přepracována tak, aby bylo možno žezlo rozmontovat z důvodu uložení na bezpečném místě.



Obrázek 27 - Výrobní výkres

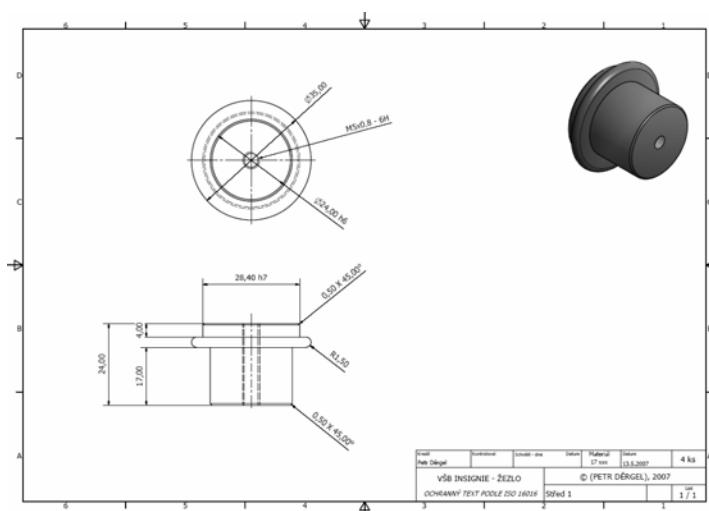
Horní díl střední koule je vyroben ze slitiny hliníku dle výkresové dokumentace klasickou technologií – soustruhem. Nápis po obvodě plochy byl zhotoven na CNC 5-osém.



Obrázek 28 - Model



Obrázek 29 – Model sestavených středů



Obrázek 30 - Výkresová dokumentace

Spodní díl střední koule je zhotoven z materiálu tř.17 s povrchem 0,4 – leštěno. Opracování soustruh + leštění povrchu.

### 3.2.7. Noha

Noha žezla je vyrobena z hliníkové slitiny  $\varnothing 60$  mm. První operace je provedena klasickým obráběním na soustruhu s drsností povrchu 0,6. Následná operace byla provedena vyřezáním sedmi vydutín ve dvou odlišných sklonech a

drátořezem 4-osým, aby byl docílen konečný stav dle výkresu. Ve spodní části byl reprografickým studiem zhotoven nápis na 3D plotru.



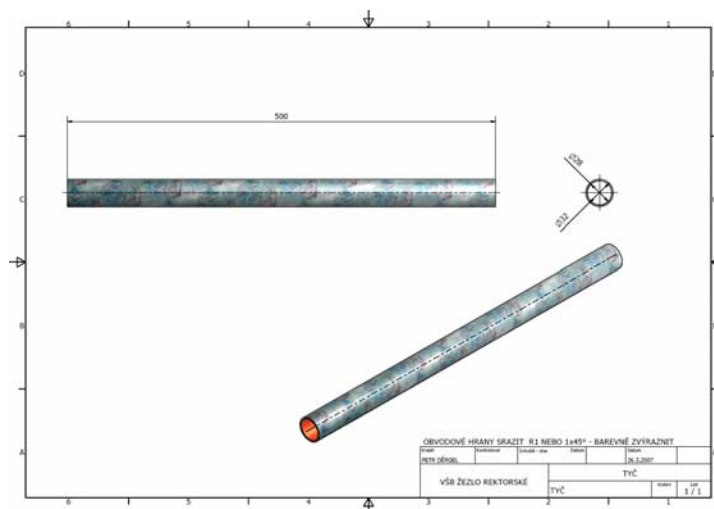
Obrázek 31 - Model (zvýrazněné hrany)

Spodní část žezla je konstrukčně řešena opět sešroubováním spodní nohy se spodní částí středové koule, přes spodní trubku závitovou tyčí.



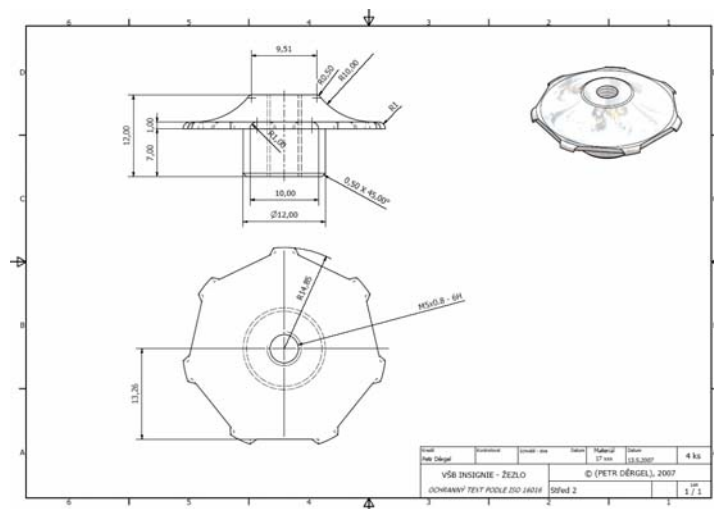
Obrázek 32 - Kombinace zlata a stříbra v návrhu

### 3.2.8. Nosná tyč a spojovací materiál



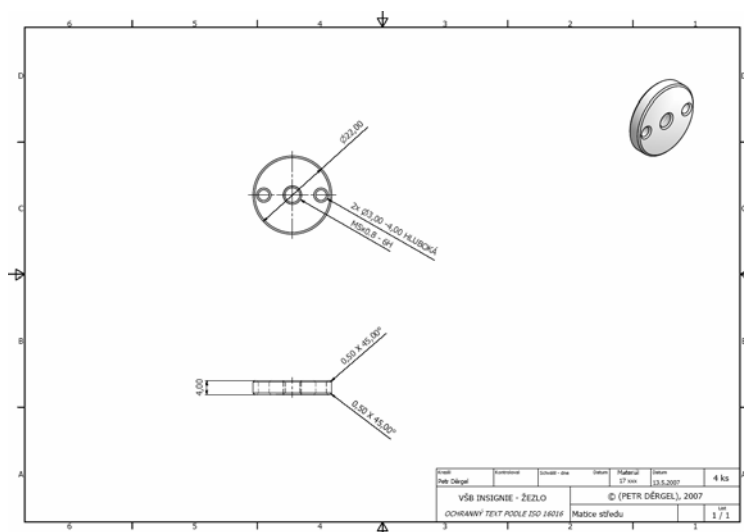
Obrázek 33 - Textura mramoru na tyči

Obě tyče žezla je nakupovaný díl. Byl pouze zkrácen na patřičnou délku bez provedení dalších úprav. Povrch elox.



Obrázek 34 - Výrobní výkres matice znaku

Horní matice znaku je vyrobena z oceli třídy 17 klasickou metodou soustruh a frézování.

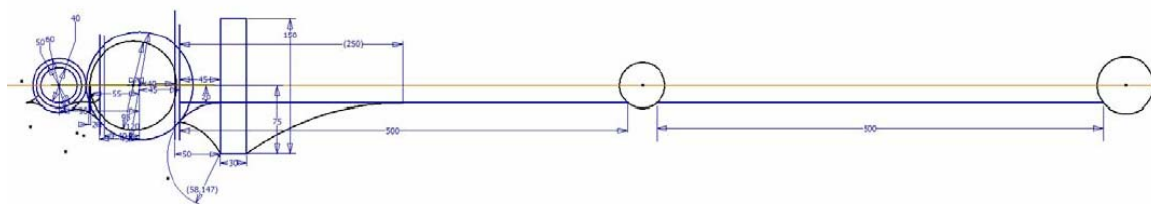


Obrázek 35 - Zajišťovací matice střední koule

Zajišťovací matice ve středové kouli byla zhotovena z oceli třídy 17.

### 3.3. Rektorské žezlo

Koncepce modelu hlavy je v souladu s představou pevnostního spojení pouze jednou závitovou tyčí. Závitová tyč spojuje střední dělenou kouli se šroubením spodního dílu hlavy otočným uložením.



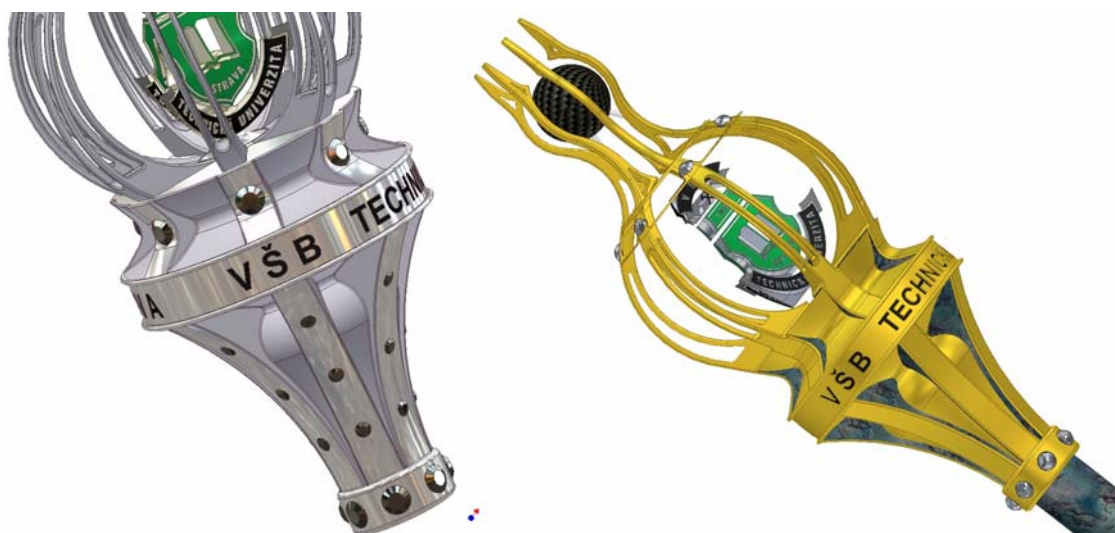
Obrázek 36 - Koncept rektorského žezla

Tím je zajištěno, že při nasazení horní části hlavy do správné polohy (zajištěno kolíkem na obvodu tělesa ve vnitřní části spojovací hrany). Otáčením střední koule dojde k šroubovému spojení horní odnímatelné části hlavy od zbytku žezla. Koncepce tohoto spoje je vyřešena tak, aby v jakémkoliv případě (zalepení, nebo oxidací šroubu) došlo vždy k nedestruktivnímu uvolnění šroubového spoje.



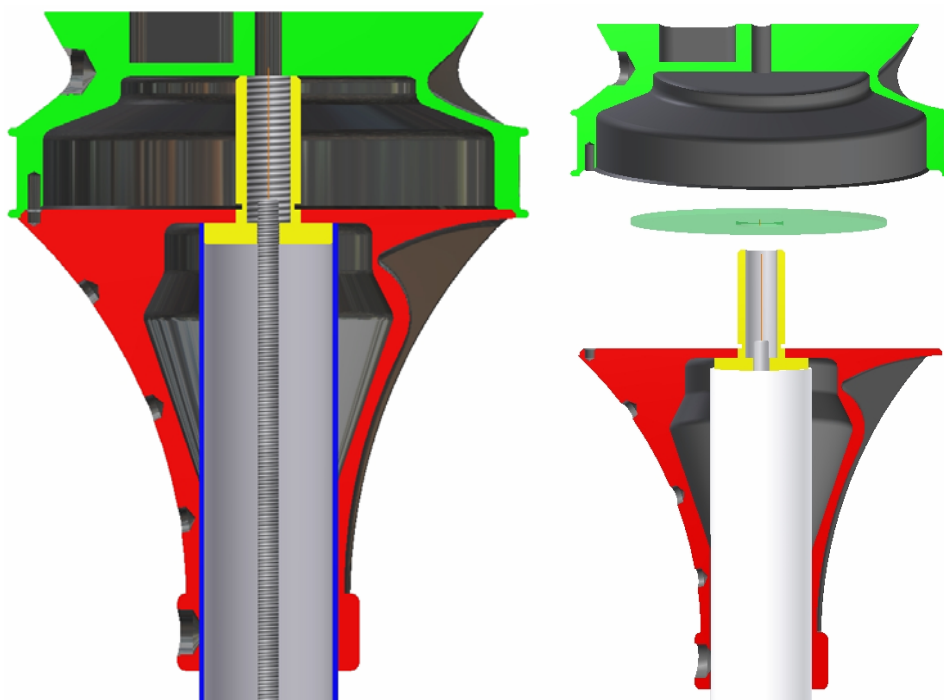
Obrázek 37 - Barevné zvýraznění modelu

### 3.3.1. Hlava dělená

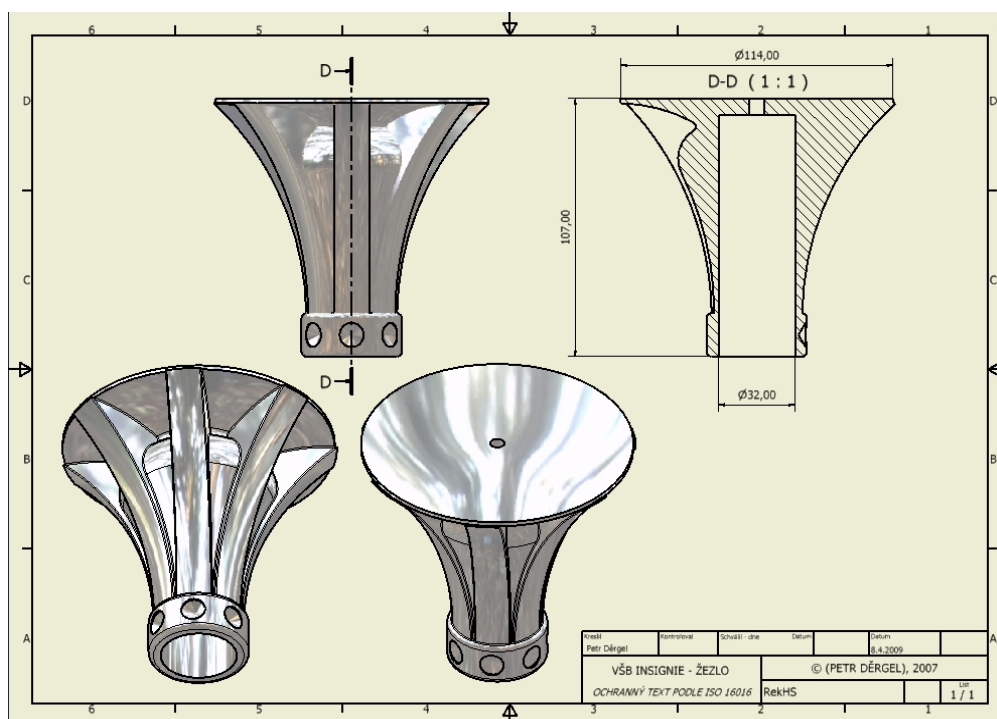


Obrázek 38 – Konečná podoba hlavy (vlevo), návrh bez kamenů (vpravo)

Popis výroby dělené hlavy je v bodě 5.3.

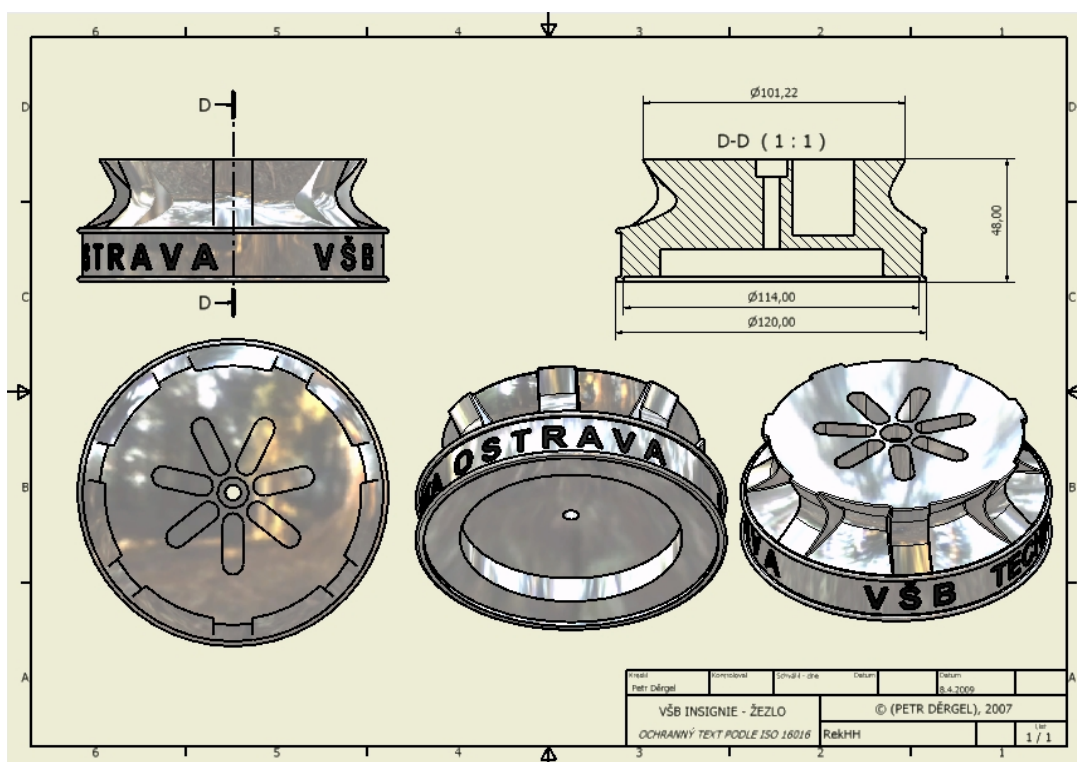


Obrázek 39 - Řez prostorem v hlavě (zřetelný princip montáže)



Obrázek 40 – Kontrolní výkres



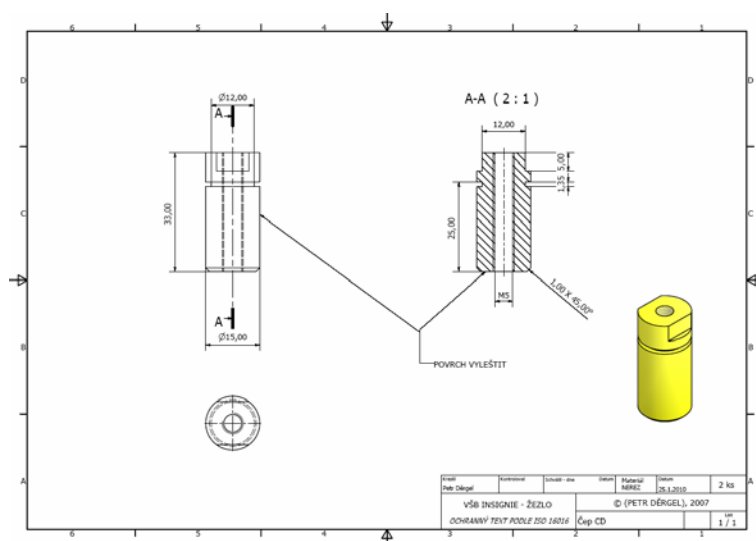


Obrázek 41– Kontrolní výkres

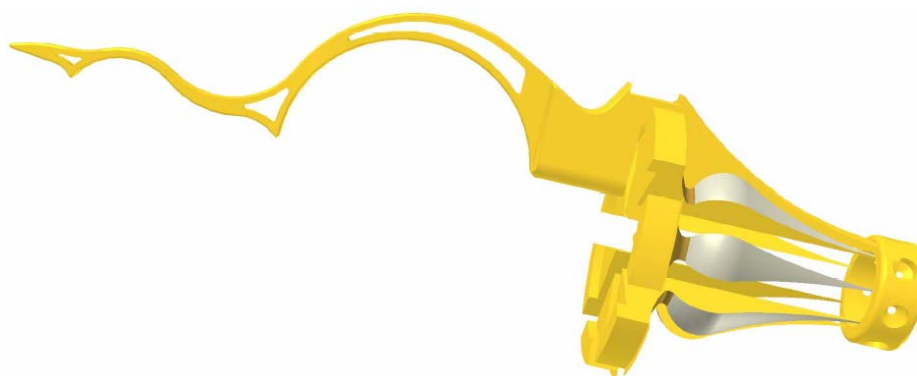


Obrázek 42 – Model konečné podoby





Obrázek 43 - Výkres matice hlavy

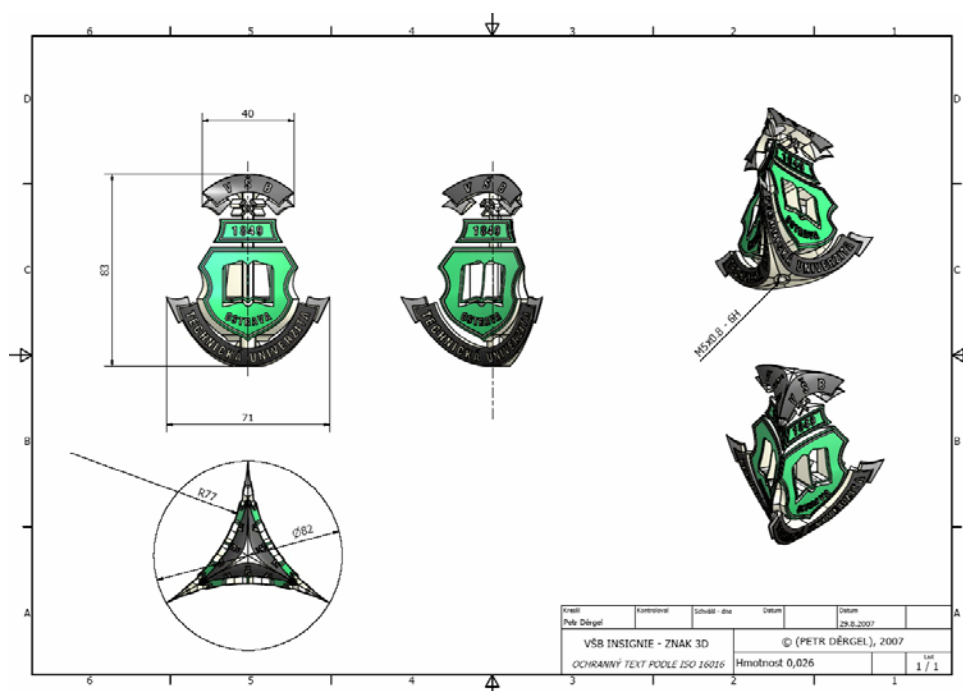


Obrázek 44 - Model znázornil nevhodné řešení ramen

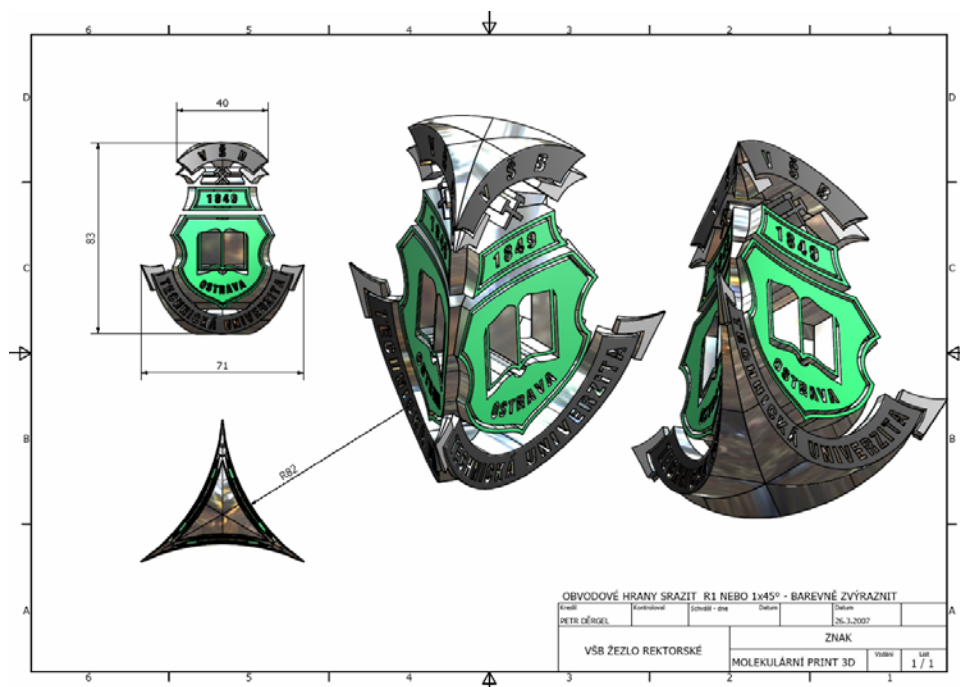


Obrázek 45 - Vhodná koncepce dělení v ploše popisu

### 3.3.2. Znak univerzity



Obrázek 46 - Kontrolní výkres

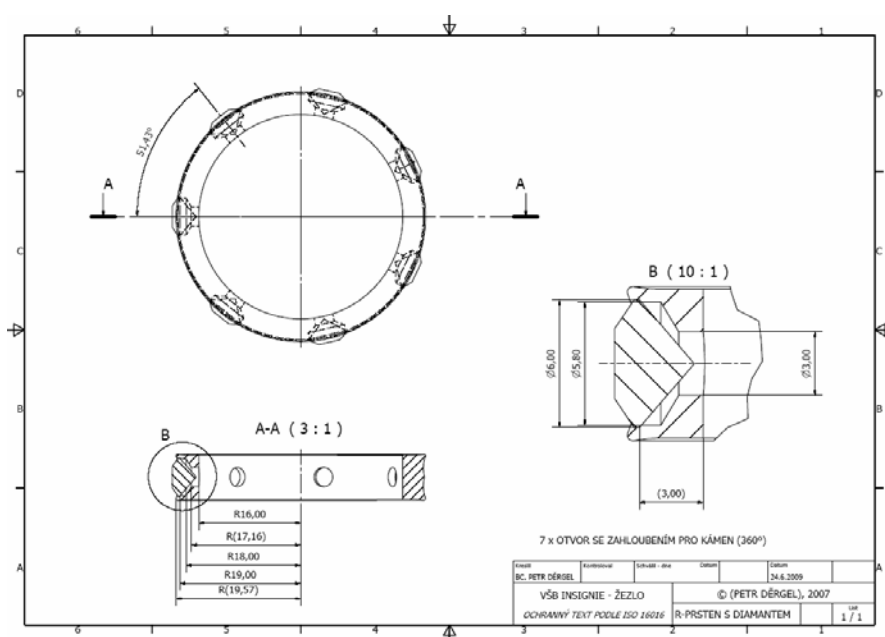


Obrázek 47 – Jiné zobrazení znaku



Obrázek 48 – Ukázka tvorby znaku postupným vysunováním a ořezáním

### 3.3.3. Prsten rektorský



Obrázek 49 - Výrobní výkres

Prsten rektorského žezla (mat. tř.17) má zhotoveny otvory  $\varnothing 6$  mm se zahloubením pro diamanty. Zhotoveno na CNC 3-osém.

## **4. Výkresová, technická a technologická dokumentace pro výrobu**

V technické praxi se setkáváme s celou řadou dokumentů. Tyto dokumenty jsou podkladem pro výrobu, nebo realizaci jiných technických projektů. Designér provede studii vzhledu produktu a navrhne tvar výrobku. Konstruktor vytvoří výkresovou dokumentaci a provede potřebné výpočty. Technolog v návaznosti na výkresovou dokumentaci zvolí optimální způsob výroby jednotlivých částí výrobku a zpracuje technologický postup. Po vyrobení a montáž jednotlivých dílů jsou provedeny příslušné kontroly jakosti. Veškeré takto vytvořené technické dokumenty jsou archivovány a jsou dokladem o zrodu nového výrobku.

### **4.1. Technická normalizace**

Norma technická je technický předpis, který stanoví technické náležitosti, popř. technická řešení. Přesně stanovuje požadované vlastnosti, provedení, tvar, nebo uspořádání opakujících se předmětů, nebo způsobů a postupů práce, popř. vymezuje všeobecně užívané technické pojmy. Hlavní úkoly normy jsou:

- usnadnění sériové nebo hromadné výroby - tím je zrychlují a zlevňují
- urychlení vývoje a zrychlení práce konstruktéra
- umožnění vzájemné vyměnitelnosti normalizovaných dílů
- zjednodušení a snížení rozdílnosti výrobků a činností
- zlevnění výroby, a tím snížení ceny výrobků
- zavádění symbolů a kódů ke zjednodušení komunikace mezi výrobcem a zákazníkem, dále mezi výrobcí v národním i mezinárodním vztahu
- umožnit na mezinárodní úrovni budovat vzájemné vztahy v oblasti vývoje, výroby a kontroly
- zlepšení ekonomičnosti
- ochrana spotřebitele

#### 4.1.1. Druhy norem

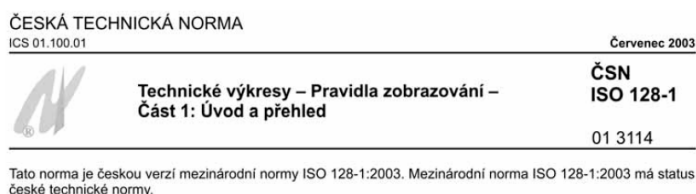
Důležitým nástrojem při prodeji výrobků v zahraničí, ale i u nás je certifikace výrobků a výroby podniku. Pro získání certifikace bude vyžadováno provedení technické dokumentace, včetně konstrukční dokumentace podle normalizovaných pravidel. Tato pravidla musí mít platnost nejenom státní (ČSN), ale i celoevropskou (EN) a mezinárodní (ISO).

**Státní normy (ČSN)** – platí na celém území státu. Tvorbu a vydávání řídí Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ). Po věcné stránce vše zabezpečuje Český normalizační institut. Tyto státní normy mohou být rozpracovány v jednotlivých oborech na oborové normy (ON) a v podnicích na podnikové normy (PN). Všechny tyto doplňky však nesmějí být v rozporu s platnými normami ČSN.

**Celoevropské normy (EN)** – jejich platnost se vztahuje především na území států EU. Vydavatelem je Evropská komise pro normalizaci CEN (Comité Européen de Normalisation).

**Mezinárodní normy (ISO)** – mají celosvětovou platnost. Vydavatelem je Mezinárodní organizace pro normalizaci ISO (International Organization for Standardization).

V současnosti je důležitým úkolem postupně realizovaná harmonizace ČSN s EN nebo ISO. Při přejímání mezinárodních norem do našich státních se přednostně zpracovává ČSN jako překlad evropských norem (ČSN EN). Označení převzatých norem se skládá z označení, např. ČSN EN a z čísla normy. Označení je doplněno šestimístním třídícím znakem shodným s původním číslováním ČSN.



Obrázek 50 - Ukázka technické normy

### **4.1.2. České technické normy**

Právní rámec technické normalizace stanoví zákon č. 22/1997 Sb. ve znění zákona č. 71/2000 Sb., „O technických požadavcích na výrobky“. Tento zákon byl mnohokrát novelizován. Stanoví práva a povinnosti související s tvorbou a vydáváním českých technických norem. Tento zákon stanovil, že technické normy nejsou samy o sobě právně závazné, jejich právní závaznost však může stanovit právní předpis.

Zákon č. 170/1997 Sb. ve znění č. 15/1999 Sb. a č. 283/2000 Sb., kterým se stanoví „Technické požadavky na strojní zařízení“ včetně „Návodu k udržování“ a průvodní dokumentace ke strojnímu zařízení.

Související nařízení vlády 168/1977 Sb. v znění č. 281/2000 Sb. A č. 282/2000 Sb.

Nařízení vlády č. 378/2001 Sb. „Požadavky na bezpečný provoz a používání strojů“ (platná od 1.1.2003).

Ústředním orgánem státní správy je Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.

### **4.1.3. Výběr norem pro technickou dokumentaci**

- ČSN EN ISO 6428 (01 3105) Technické výkresy - Požadavky pro mikrografické zpracování
- ČSN EN ISO 5456 (01 3123) Technické výkresy - Metody promítání (1-4)
- ČSN EN ISO 11442 (013196) Technická dokumentace - Zacházení s dokumenty
- ČSN EN ISO 128-20 (01 3114) Technické výkresy - Pravidla zobrazování
- ČSN 01 3130 (013130) Technické výkresy. Kótování. Základní ustanovení

## 4.2. Výkresová dokumentace

Konstruktér se zabývá návrhem a vývojem strojů, přístrojů, zařízení nebo obecně věcí za účelem vytváření technické dokumentace k jejich výrobě. Výsledkem jeho práce, je vždy technická dokumentace k výrobku - výkresová dokumentace nebo model a další doplňující dokumentace, dle které lze konkrétní výrobek vyhotovit.

1. Technická podmínka pro výrobu
2. Výkresová dokumentace
3. Technologický postup výroby
4. Systém kontroly jakosti při výrobě
5. Montážní návod
6. Návod na údržbu

### 4.2.1. Druhy technických výkresů

*ČSN 01 3107 Technické výkresy. Schémata. Druhy a typy. Společné požadavky na kreslení*

Technický výkres je základním dokumentem při návrhu nového výrobku nebo projektu. Je souborem informací vyjádřených na určitém nosiči informací v souladu s normalizovanými pravidly, musí být tedy vždy vypracován podle určitých zásad. Technické výkresy využíváme v celé řadě oborů, pro které mají charakteristický obsah. Každý obor má určitá specifika, která svým způsobem určují obsah výkresové dokumentace. Proto existují vedle obecných norem pro technické výkresy i konkrétní normy např. pro kreslení výkresů ve strojírenství, stavebnictví, elektrotechnických schémat apod.

Technické výkresy mohou být dnes vytvořeny klasickým kreslením nebo pomocí výpočetní techniky (většinou systémy CAD) v určité formě:

**Náčrt (skica)** je v podstatě vytvořený od ruky, bez zřetele na měřítko. Bývá často prvním ztvárněním návrhu nového výrobku. Skicu lze vytvořit přímo na papíře nebo na počítači pomocí grafických programů pro tvorbu kreseb a designu.

**Originál** je výkres vytvořený s použitím pomůcek pro přesné kreslení při dodržení závazných pravidel (výše uvedených norem). Je-li vytvořen na počítači pomocí programů CAD, bývá vykreslen pomocí tiskárny či plotteru. Originální výkres je archivován a většinou se využívá pouze pro zhotovení kopií.

**Kopie** je rozmnožený originál pomocí reprografických metod. Slouží jako podklad pro výrobu, montáž a kontrolu vyráběného výrobku. Při tvorbě, kopírování a tisku výkresové dokumentace se standardně používá kombinace černé barvy na bílém podkladě. V případě, že je nutné zobrazit finální vzhled výrobku, je možné využít barev.

Ve strojírenství velmi často používáme rozdělení výkresů podle určení na:

**Návrhové výkresy** – zobrazují součásti ve vzájemné poloze včetně uložení a základních rozměrů. Slouží jako podklad pro konečné řešení.

**Výkresy součástí** – jsou základním podkladem pro výrobu, proto je také někdy nazýváme výrobní. Obsahují veškeré údaje nutné pro výrobu (zobrazení, rozměry, tolerance strukturu povrchu, geometrické tolerance, tepelné zpracování, vyplněné popisové pole apod.).

**Výkresy podsestav a sestav** – využívají se pro průběžnou a finální montáž výrobku. Obsahují pouze hlavní rozměry určující vazbu na návazné celky a popis jednotlivých součástí a dílců pomocí pozic. Soupis všech dílů je uspořádán v seznamu položek (kusovníku).



## 4.2.2. Formáty výkresů

ČSN ISO 5457 (01 3110) *Technické výkresy. Formáty a úpravy výkresových listů*

Tato norma určuje rozměry výkresových listů a předtisků všech druhů technických výkresů používaných v průmyslu a ve stavebnictví pro klasické kreslení, kopírování a vykreslování na plotterech. Norma definuje tři řady formátů výkresových listů:

**Formáty ISO-A** se používají přednostně, jedná se o základní doporučenou řadu rozměrů. Na formátu A4 se popisové pole umísťuje dolů na kratší stranu. Na formátech A3 až A0 se popisové pole umísťuje do pravého dolního rohu kreslicí plochy. Formáty A3 až A0 je dovoleno používat pouze horizontálně orientované.

**Prodloužené formáty** jsou definovány násobky 3, 4, 5 základní šířky (210 mm) formátu A4, případně násobky 3, 4 základní výšky (297 mm) formátu A3. V případě, že je to nezbytně nutné, můžeme tedy využít prodloužených formátů A4 x 3 (297 x 630), A4 x 4 (297 x 841), A4 x 5 (297 x 1 051), nebo A3 x 3 (420 x 891) a A3 x 4 (420 x 1 189).

**Zvlášť prodloužené formáty** jsou vytvořeny opět násobkem šířky pro formát A4 a výšky pro ostatní formáty řady ISO-A. Používají se pouze výjimečně. Příkladem může být formát A4 x 6 (297 x 1 261).

Formát výkresů volíme vždy s ohledem na přehledné zobrazení objektů a dostatečnou rozlišitelnost výkresu. Směr čtení výkresu je shodný se směrem čtení popisového pole. Materiály použité pro výkres mohou být průsvitné, průhledné nebo neprůsvitné. Nedoporučuje se používat materiály s lesklou lícovou stranou.

### Úprava výkresových listů

Při tvorbě výkresové dokumentace musíme dodržovat nejen velikost výkresu, ale řadu dalších pravidel. Norma předepisuje prvky na výkrese, které

jej identifikují, umožňují snadnou orientaci a slouží pro porovnávání přesnosti originálu s kopií. Ruční kreslení těchto prvků na každém výkrese by bylo velmi pracné. V praxi se připravují pro konstrukční práci předtisky výkresových listů, při konstruování na počítači je předtisk nahrazen šablonou nebo prototypovým výkresem.

### **Náležitosti výkresového listu jsou:**

**Popisové pole** musí obsahovat každý technický výkres. Popisové pole se umísťuje do pravého dolního rohu kreslicí plochy a jeho délka je maximálně 170 mm.

**Oříznutý formát** je zobrazen souvislou tenkou čarou. Tato čára společně se značkami pro oříznutí určuje velikost formátu výkresového listu.

**Kreslicí plocha** je zobrazena souvislou tlustou čarou a umístěna tak, aby po oříznutí formátu vznikl okraj o šířce 20 mm vlevo a 10 mm vpravo, nahoře a dole. Levý okraj se využívá pro svázání výkresů do složky.

**Souřadnicová síť** usnadňuje orientaci a určení polohy objektů na výkrese. Dělí kreslicí plochu na pole, která jsou označena shora dolů písmeny velké abecedy a zleva doprava číslicemi. Písmena a číslice jsou kresleny tenkou čarou a jejich velikost je 3,5 mm. Síť se umísťuje po všech stranách kreslicí plochy, u formátu A4 pouze nahoře a vpravo. Délka polí je 50 mm a je měřena od středících značek, šířka 5 mm.

**Značky pro oříznutí** slouží k usnadnění oříznutí a kreslí se ve všech rozích oříznutého formátu výkresu. Zvýrazněný roh má rameno dlouhé 10 mm a tloušťku čáry 5 mm.

**Středící značky** slouží snadnějšímu umístění výkresu při kopírování. Zobrazují se uprostřed délky každé strany oříznutého formátu. Doporučují se úsečky délky 15 mm, kreslené od rámečku souřadnicové sítě souvislou tlustou čarou.

### 4.2.3. Skládání výkresů

*ČSN 01 3111 Technické výkresy. Skládání výkresů*

V úvodu je nutné podotknout, že se skládají pouze kopie výkresů. Originály a matrice pro výrobu kopií se archivují v nesloženém stavu z důvodu možného poškození a jednoduchého vkládání do reprografických zařízení. K ukládání se využívají speciální archivační skříně se zásuvkami. Výkresy se skládají nejprve od pravého okraje a potom od spodního okraje listu. Výsledkem je vždy formát A4 s popisovým polem na vrchní straně složeného výkresu.

Pokud jsou výkresy svázané do desek, ponechává se po levé straně proužek široký 20 mm.










### 4.2.4. Druhy čar na technických výkresech

*ČSN EN ISO 128-20 (013114) Technické výkresy - Pravidla pro kreslení čar*

Čára je základním prostředkem pro zobrazování na výkrese. Kreslí se buď od ruky, nebo pomocí technických pomůcek. Každá čára je charakterizována svým uspořádáním, tedy jednotlivými prvky, kterými je čára tvořena, a tloušťkou.

Tloušťky čar rozdělujeme podle vzájemného poměru na čáry tenké, tlusté a velmi tlusté, přičemž platí - tenká čára : tlustá čára : velmi tlustá = 1 : 2 : 4 (příklad: 0,25mm : 0,5mm : 1,0mm). Základní tloušťka čáry se odvozuje pomocí geometrické řady s koeficientem odmocnina ze dvou. Tloušťka čáry musí být v celé délce neměnná. Čáry stejného významu musí mít stejné tloušťky ve všech obrazech téhož výkresu kreslených ve stejném měřítku.

tabulka 1 - Typy čar a jejich význam

Číslo	Název a zobrazení	Použití čáry
1.1	Souvislá tenká čára 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- zobrazení závitů</li> <li>- šrafování</li> <li>- obrysy sklopených průřezů</li> <li>- kótovací a pomocné čáry</li> <li>- odkazové čáry</li> <li>- ohraničení tvarových podrobností</li> <li>- viditelně zaoblené a neurčité hrany i průniky</li> <li>- krátké osy</li> <li>- čáry ohybu ohýbaných ploch</li> <li>- úhlopříčky pro vyznačení rovinných ploch</li> </ul>
1.2	Souvislá tlustá čára 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- viditelné hrany a obrysy</li> <li>- ukončení délky závitů</li> <li>- dělicí roviny odlitků a zápustkových výkovek</li> <li>- čáry šipek u řezů a průřezů</li> <li>- vymezení kreslicí plochy formátu výkresu</li> </ul>
1.3	Souvislá velmi tlustá čára 	- označení lepeného a pájeného spoje
2.1	Souvislá tenká čára od ruky   Souvislá tenká čára se zlomy 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- přerušení obrazu</li> <li>- ukončení částečně nakresleného obrazu</li> </ul>
3.1	Čárkovaná tenká čára 	- zakryté (neviditelné) hrany a obrysy
4.1	Čerchovaná tenká čára 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- osy souměrnosti</li> <li>- roztečné kružnice a přímky</li> </ul>
4.2	Čerchovaná tlustá čára 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- označení rovin řezů a průřezů</li> <li>- označení částí povrchu součástí (např. tepelně zpracovaných)</li> </ul>
5.1	Čerchovaná tenká čára se dvěma tečkami (čárkami) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- krajní polohy pohyblivých částí</li> <li>- zobrazení původního a konečného tvaru</li> <li>- obrysy a hrany sousedících částí</li> <li>- prodloužené toleranční pole</li> <li>- ohraničení částí plochy</li> </ul>

Podle typu můžeme čáry rozdělit na souvislé a přerušované. U přerušovaných jsou délky jednotlivých čar a mezer závislé na velikosti kresleného objektu. Krátké čárky místo teček v čerchované čáře mají mít délku nejvýše trojnásobku tloušťky čáry.

Křížení přerušovaných čar musí být vždy provedeno dlouhou čárkou. Křížení čar mezerou není přípustné. Spojení přerušovaných čar nemá být provedeno mezerou. Je-li rozměr obrazu menší než 12 mm, může se kreslit příslušná osa souvislou tenkou čarou. U přerušovaných čar umístěných blízko sebe se mají čárky a mezery vzájemně střídat.

#### 4.2.5. Měřítko zobrazování

*ČSN ISO 5455 (01 3112) Technické výkresy. Měřítko*

Při kreslení výkresové dokumentace se často setkáme s problémem, jak upravit velikost kreslené součásti tak, aby ji bylo možné umístit na výkres. Pro úpravu velikosti zobrazeného objektu na výkrese používáme měřítko, které udává poměr délkového rozměru objektu na originálním výkrese k délkovému rozměru stejného objektu ve skutečnosti. Měřítko kopie může být rozdílné od měřítko originálu.

Při volbě měřítko vycházíme z účelu a obsahu výkresu, složitosti a hustotě kresby zobrazovaného předmětu a požadavku na čitelnost a přesnost zobrazovaných informací. Existují tři typy měřítek při tvorbě výkresové dokumentace:

- **Skutečná velikost**, tj, měřítko 1:1. Je předností, pokud to velikost zobrazovaného předmětu dovolí. Obrazy v tomto měřítku dávají nezkreslenou představu o velikosti objektu.
- **Měřítko pro zvětšení** 2:1, 5:1 apod. V tomto měřítku se většinou zobrazují malé objekty a tvarové podrobnosti.
- **Měřítko pro zmenšení** 1:2, 1:5 apod. V tomto měřítku se zobrazují velké objekty.

Na výkresech zapisujeme měřítko hlavního obrazu na příslušné místo v popisovém poli. Pokud je u některých obrazů ve výkrese použito jiné měřítko, uvádí se u písmene vyznačujícího tvarovou podobnost, případně řez. Do popisového pole se však uvádí pouze měřítko hlavní.

Pokud jsou rozměry objektů na výkrese zakótovány, jsou délkové rozměry na kótách uvedeny vždy ve skutečné velikosti bez ohledu na měřítko. Rozměry kót a značek (výška textu, velikost šipek, tloušťky kótovacích a vynášecích čar) zůstávají také zachovány bez ohledu na měřítko.

#### 4.2.6. Technické písmo

##### *ČSN 01 0451 Technické písmo*

Písmo je společně s kresbou zobrazenou na výkrese základním prostředkem pro sdělování informace. Rozměry a tvar technického písma jsou voleny s ohledem na zaručenou čitelnost i při použití reprografických metod pro tvorbu kopií. Písmo může být vytvořeno několika základními způsoby:

- psaním volnou rukou, případně s využitím sítě
- pomocí šablony
- počítačem řízeným kreslicím zařízením (plotterem nebo tiskárnou)

Písmo může být psáno jako kolmé na základní čáru nebo jako šikmé se sklonem 75°. Pro popis technické dokumentace můžeme použít písmo ve třech provedeních. Přednostně se používá písmo kolmé typu **B**.

- Písmo typu **A** v provedení kolmém a šikmém, je definováno zápisem do sítě.
- Písmo typu **B** v provedení kolmém a šikmém, je definováno zápisem do sítě.
- Písmo typu **CAD** v provedení **CA** a **CB**, pro vektorový popis na počítači.

**Velikost písma** je odvozena od výšky písmen velké abecedy **h** [mm]. Velikost písma je odstupňována geometrickou řadou.

### 4.3. Technická dokumentace výrobního procesu

#### 4.3.1. Simulace obrábění

Simulace obrábění je velice důležitým CAM modulem při tvorbě CNC obrábění. Tento modul slouží k ověření vytvořených drah nástroje a

zkontrolování vhodnosti zvolené obráběcí strategie. Důležité je, že jsme takto předem upozorněni na případné chyby a nedostatky a můžeme proto předcházet zmetkům ve vlastní výrobě nebo ničivým haváriím na CNC stroji.

Díky simulaci zjistíme s předstihem případné nabourání do obrobku nebo ještě neobrobené části (tzv. zbytkový materiál). Dále kolizní stavy nástroje nebo držáku nástroje s obráběným dílem, upínkami nebo upínacími přípravky. Můžeme porovnat také ideální geometrii dílu s dílem námi obrobeným v zadané toleranční přesnosti (na monitoru vidíme barevně odlišené oblasti dle hodnot tolerancí zadaných v tabulce).

Další ze skutečností je zjištění obráběcího času vypočteného na základě generovaných drah nástroje a zadaných řezných podmínek.

Takto můžeme zefektivnit přípravu celého obráběcího procesu a eliminovat možný zdroj chyb – na rozdíl od přípravy NC programů přímo na stroji stylem blok po bloku.

#### **4.3.2. Postprocesory**

Postprocesory jsou přechodovým článkem mezi CAM systémem a řídicím systémem CNC stroje. Postprocesor není jen nějaký prostý překladač drah nástroje do kódu srozumitelného pro řídicí systém, ale je to vlastně definice možností stroje s konkrétním řídicím systémem a to například včetně strojních cyklů, možností maximálních otáček a posuvů atd. Díky této otevřené možnosti vlastní konfigurace postprocesorů máme možnost přizpůsobit CAM přesně svým požadavkům. Nemusí být pravidlem, že dva stroje se stejným řídicím systémem lze řídit stejným programem, protože tam mohou být malé odlišnosti v možnostech stroje.

### **4.3.3. Seřizovací dokumentace**

Seřizovací dokumentace je dalším potřebným výstupem, který úzce souvisí s postprocesingem a seřizovací dokumentací pro obsluhy CNC stroje. Jedná se o jakýsi seznam informací, podle kterých obsluha seřídí stroj, nachystá upínání a nástroje pro obrábění. K dispozici je elektronický seřizovací předpis s detailním popisem práce, s možností uživatelsky libovolných modifikací. Dále jsou v seřizovacím listu obsaženy informace o jednotlivých operacích, rozjezdech jednotlivých nástrojů a času, po který jsou jednotlivé nástroje v řezu. Náhled na obráběný dílec, umístění upínek, nulových bodů atd. Důležité jsou informace o tom, kdo a kdy programy a technologii zpracoval, číslo programu, zakázkové číslo, případně index změny atd.

### **4.3.4. Správa programů**

Správa programů obsahuje nejen výkonný a modifikovatelný postprocesing, ale i další podpůrné prostředky, jako je správa nástrojů, snadný výstup, podpora podprogramů a transformací. Nechybí zde ani dávkové zpracování zadání (projektu) a to i v případě, že se jedná o více modelů a technologických pracovišť.

Samozřejmostí je prohlížení hotového projektu z pracoviště seřizovače. Manažer zakázky, ale i pracoviště, může mít okamžitě k dispozici aktuální stav jak na pracovišti programátora, tak i na dílně. Nechybí okamžitý přístup k již hotovým zakázkám - programům, plánování a příprava na základě neúplného zadání zakázky. Ověření nového zadání modelu proti již hotové zakázce atd.



## 4.4. Kontrola jakosti

Kontrola jakosti výroby se dostává do centra zájmů o kvalitní výrobní proces a kvalitní výrobky. Podílejí se na ní jak pracovníci výrobních úseků, tak i technická kontrola, nebo zkušebna. Kontrola jakosti se během doby ustálila na dvou úrovních.

V první řadě je to samokontrola (primární kontrola), prováděná výrobním pracovníkem nebo seřizovačem jako součást výrobní operace. Vycházíme-li z principu, že každý odpovídá za jakost své práce, musí být výrobní pracovník vybaven dostatkem prostředků a mít i odpovídající znalosti, aby mohl zkontrolovat jakost produkce, kterou vyrábí. Pracovník kontroluje jakost sám bezprostředně po provedení výrobní operace, někdy i v jejím průběhu. Výsledky kontroly vyhodnocuje, výrobky třídí na shodné a neshodné a zjištěné skutečnosti využívá pro svou další práci. Při samokontrolě se musí brát v úvahu čas, který pracovník věnuje kontrole výrobku. Podíl kontrolního času k celkovému času výrobní operace činí u jednoduchých operací 5 až 10 %, u speciálních operací, například při výrobě ozubení, až 20 %.

Sekundární kontrola je prováděna technickým kontrolorem nebo jiným pracovníkem útvaru řízení jakosti. Technický kontrolor prověřuje jakost výroby, analyzuje zjištěné nedostatky a navrhuje, resp. realizuje nápravná opatření. Hlavním úkolem výrobní kontroly není třídit součásti z hlediska jakosti provedení (to je povinností výrobního pracovníka), ale předcházet vzniku neshodných výrobků. Výrobní kontrola k tomu má být vybavena po stránce technické, personální i organizační úměrně k potřebám výrobního procesu a jeho kontroly jakosti.

## **5. Výroba dle technické dokumentace**

### **5.1. Frézování - 4 až 5 osé indexování**

Víceosé indexování umožňuje změnit vzájemnou polohu nástroje a obrobku v jedné technologii. Kontroluje kinematické možnosti zvoleného stroje a jeho příslušenství. V případě přepínání obrobku je technologie rozlišena a výsledný NC-kód vygenerován v souladu se zvyklostmi daného pracoviště. Podporuje i ruční indexování, například pomocí ručně řízeného příslušenství. Současně je možné využít automatické tvorby počátku (nulového bodu) a pružně reagovat na případnou potřebu změny vektoru nástroje.

### **5.2. Frézování - 5 os souvisle**

Modul souvislého 5x obrábění otevírá plně možností výceosých strojů. Umožňuje vysoký řezný výkon nástroje, při jeho plynulém řízení po zvolené dráze se změnou vektoru osy. Dovoluje obrobení jinak nedostupných oblastí. Nechybí možnost 5x hrubování, či několikastupňové předčištění.

Neobvykle bohaté možnosti nastavení NC-operace jsou shrnuty do dynamického průvodce nastavením konkrétní NC-operace. V několika krocích je umožněno nastavit detailní kritéria obrábění z několika základních předloh - technologií. Nastavením lze ošetřit i komplikované odjezdy a kontrolu zabourání do neobráběných částí modelu a upínek. Samozřejmostí je i vlastní přednastavení inteligentní volby přeskočení mezer, neobráběných oblastí a mezer mezi jednotlivými drahami nástroje. Široké možnosti vedení nástroje, jeho vektoru, ošetření limitních stavů umocňuje sílu tohoto modulu.

## **5.3. Konkrétní postup při výrobě hlavy dělené**

### **5.3.1. 1 Operace**

Jako první ve výrobě vstoupí do procesu technolog. Ten vypracuje postup výroby. Určí velikost polotovaru a jeho přídavky na obrábění. Následně objedná materiál a určí termín dodání zákazníkovi. Popřípadě postup výroby konzultuje s programátory. Vytvoří výkresovou dokumentaci pro soustruh a CNC centrum. Výkresová dokumentace je rozdílná dle obráběné části obrobku, která se opírá o hlavní a kompletní výkresovou dokumentaci. Pak vše předá programátorovi a zadá termín přidělení na pracoviště výroby.

### **5.3.2. 2 Operace**

Další krokem je práce programátora. Ten dostane k dispozici vypracovaný postup výroby, výkres a model součástí. Z postupu vyčte na jaké pracoviště je obráběná součást přidělena. Vytvoří program. Jako první na řadě byl soustruh CNC. Soustružil se profil obrobku. Operátor CNC soustruhu dostal k dispozici výkres a materiál s postupem. Program na soustruhu si vytvořil sám dle výkresu.

### **5.3.3. Soustružení**

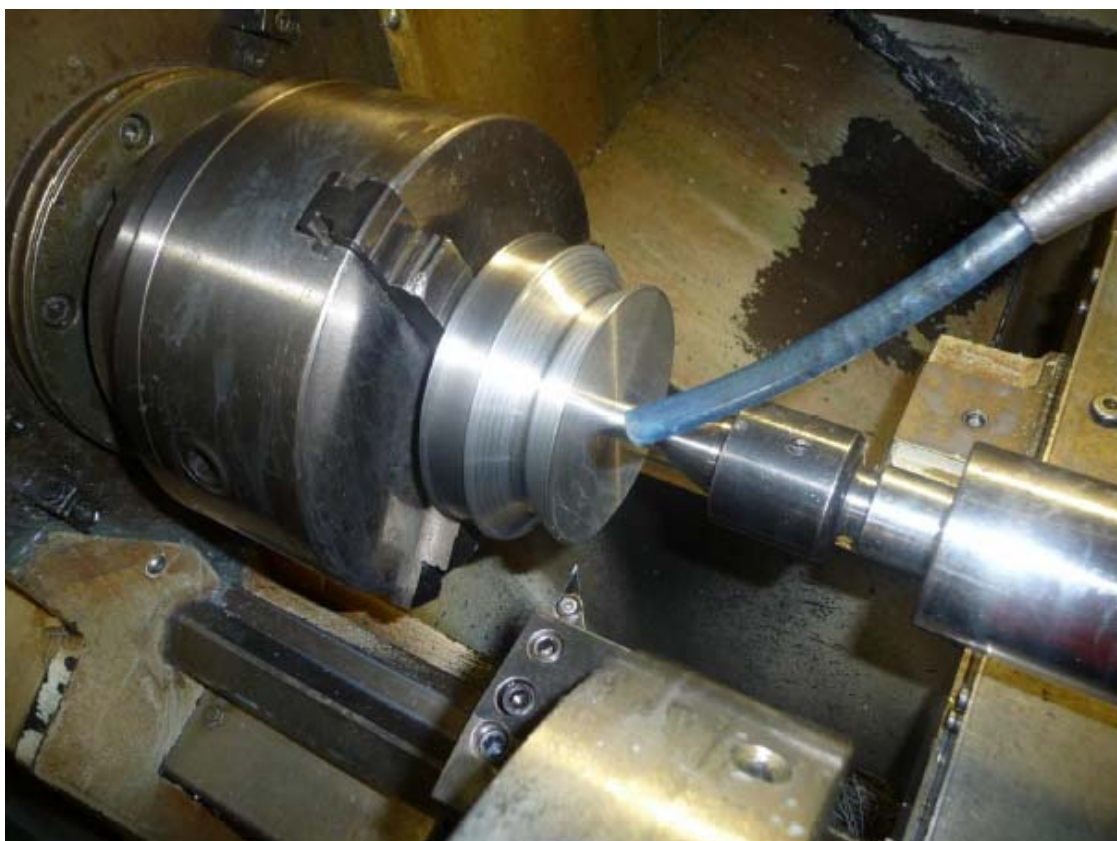
Modul soustružení využívá k programování 2D geometrii nebo konturu vybranou na 3D modelu.

2D geometrie se vyskytuje jako tzv. skica, používaná jako základ pro 3D modelování. Dalším případem je vytvoření 3D tělesa nebo import 2D/3D dat z jiných formátů do skici, např. DXF, DWG, IGES atd.

Na skice můžete provádět běžný výběr prvků geometrie, úseček, oblouků, křivek, bodů atd. Tuto geometrii lze vybrat jako řetězce a používat je k definici obrábění, definici polotovaru a upínacích zařízení (sklíčidlo, upínák atd.).

Stejným způsobem jako s 2D geometrií lze pracovat také přímo na 3D modelu, což má celou řadu výhod. Řetězec lze snadno vybrat, často jedním

kliknutím do plochy, tato geometrie je asociativně spojena s tvarem modelu. Při změně 3D modelu se řetězce automaticky nastaví správně a dojde k regeneraci drah nástroje.



**Obrázek 51 - Výroba horního dílu hlavy na CNC soustruhu**

Často využívaná možnost volby poháněných nástrojů u soustruhu není již doménou drahých obráběcích center. SW CAM podporuje standardní nastavení soustruhu s nástrojem kolmo k ose a souběžně s osou vřetena soustruhu.

Využitím standardních frézovacích NC-operací v libovolné kombinaci se soustružením umožňuje lépe využít výkonné soustružnické pracoviště a zkrátí čas výroby obrobem na jedno upnutí.

Standardně je však na soustruzích možné jen mimo-osé vrtání a jednoduché frézování po kontuře v ose obrobku, bez možnosti posunutí

obráběných prvků po obvodu obrobku. Další rozšíření možností obrábění je možné s podporou C-osy, nebo plně 4 a 5-ti osého soustružnického centra. Všechny tyto konfigurace stroje jsou v SW - CAMu podporovány a navíc je tu i kontrola kinematických možností daného stroje. Výsledný NC-program je generován jedním postprocesorem a je tak zaručena kontinuita a spolehlivost celého procesu od zadání po první výrobek.

#### **5.3.4. Frézování**

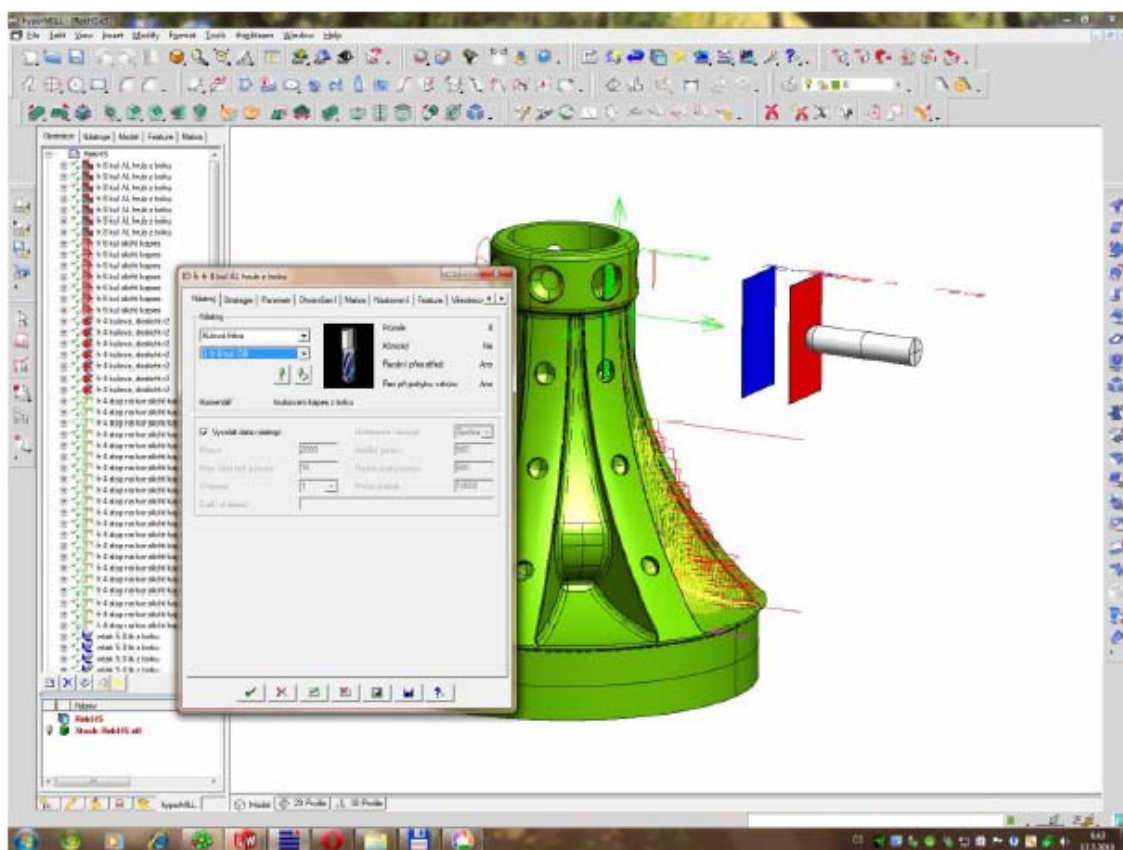
Další na řadě bylo CNC obráběcí centrum DMU60 Deckel Maho . Operátor CNC dostal k dispozici výkresovou dokumentaci, program a nástrojovou sestavu s popisem upnutí a seřizení stroje a nástrojů.



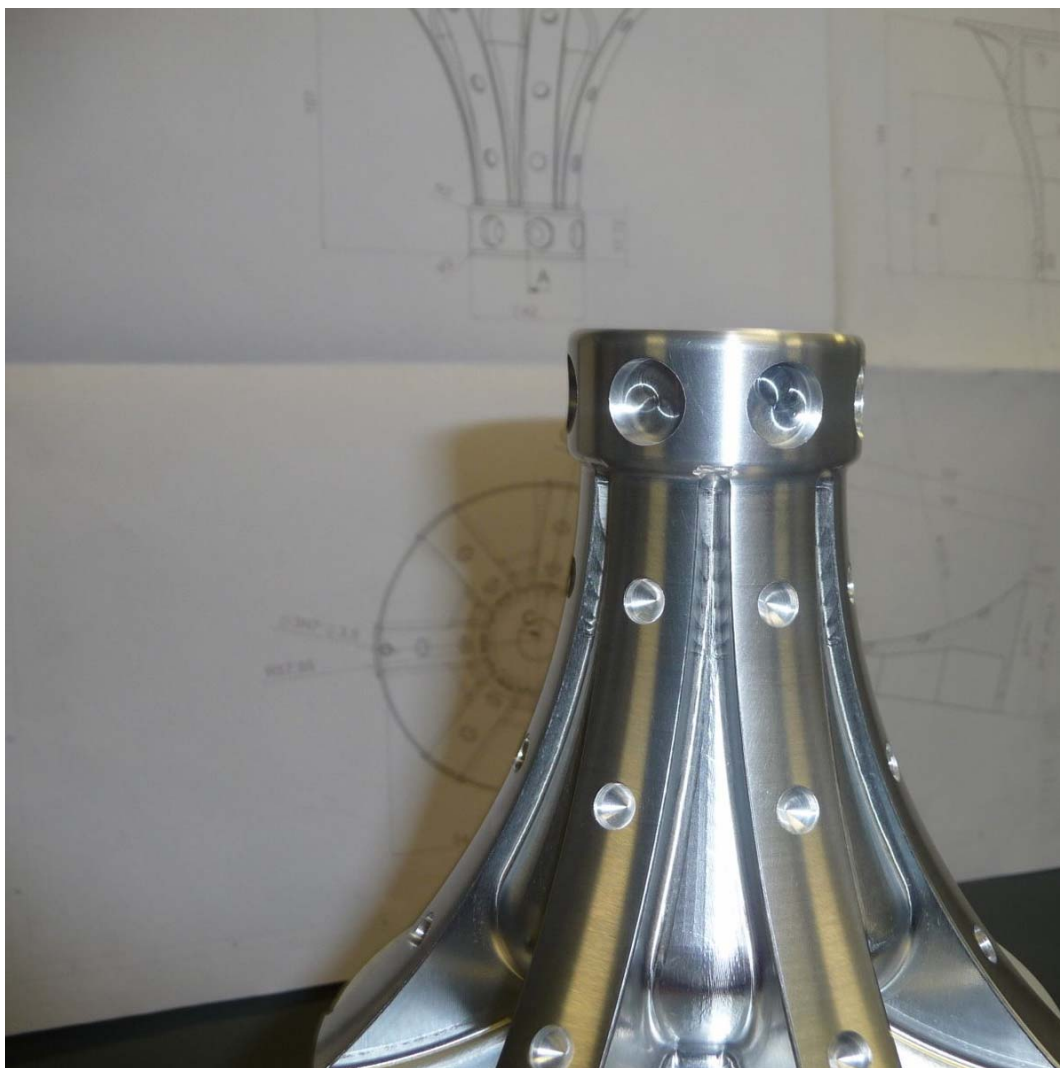
**Obrázek 52 - Výroba horního dílu hlavy na CNC DMU60**

Program pro CNC centrum byl vytvořen v programu HyperMill od společnosti Open Mind. Programování každé součásti trvalo přibližně tři hodiny.

Programátor zvolí technologicky postup obrábění součástí podle specifikace daného stroje a systému. Určí velikost nástroje a délky. Zadá podmínky řezných nástrojů dle katalogu výrobce. A zvolí upínací držák pro nástroj. Podle těchto nastavení si CAM software přepočítá dráhy nástroje a kolizí nástroje vůči obráběné součásti. Následně vygeneruje program a uvolní pro výrobu.



Obrázek 53 - Programování horního dílu hlavy na CNC DMU60



**Obrázek 54 - Technická dokumentace doprovází stále výrobu (dolní část)**





Obrázek 55 - Horní část po soustruhu



Obrázek 56 - Horní část po CNC centru



### 5.3.5. Výroba 3D modelů ze 3D dat bez forem

Technologie 3D tisku - Všechna zařízení na výrobu 3D modelů pracují na principu rozložení počítačového modelu do tenkých vrstev a jejich následném sestavení do reálného modelu v pracovním prostoru tiskárny. Na rozdíl od klasického obrábění se materiál neubírá, ale naopak je po vrstvách přidáván. Model je stavěn na základní desce, která po dokončení každé vrstvy poklesne dolů právě o tloušťku této vrstvy.

Každý model je po tisku potřeba napustit pryskyřicí nebo jiným pojivem. Mechanické vlastnosti modelu záleží ve velké míře na použitém pojivu, a lze proto dosáhnout různých výsledků i se stejným práškem. Technologie nevyžaduje stavbu podpor a nevyužitý prášek se recykluje pro další modely. Tento materiál je před napuštěním mnohem křehčí než plast, ale u většiny modelů je tato nevýhoda zanedbatelná.



Obrázek 57 - Fakultní znak po tisku je barevný

3D tiskárna je zařízení, které vyrábí reálný plastový model z digitálního modelu vytvořeného pomocí některého z grafických programů. Princip zařízení spočívá v rozložení digitálního modelu (.stl) do vrstev o tloušťce přibližně 0,15 mm a následném sestavení těchto vrstev do fyzického modelu v pracovním prostoru tiskárny. Takto zhotovený model je možné dále opracovávat (brousit, vrtat) nebo povrchově upravovat (tmelit, barvit).

Budu se zabývat technologií, která je založena na tmelení vrstev prášku tekutým pojivem, které je nanášeno na vrstvy prášku běžnou tiskovou hlavou. Pro standardní modely se používá prášek na bázi sádry, lze ovšem pracovat i s jiným materiálem, jako je například celulóza, plast nebo guma.

Tiskárny často mají problém se zpracováním STL souborů, které obsahují chyby, některé tiskárny takové soubory odmítnou zpracovat a vyžadují jejich opravu. Nejčastějšími problémy jsou obrácené normály ploch a díry. K odstranění těchto chyb je nutné použít speciální programy.

### **5.3.6. Technologie řezání vodním paprskem**

Abrazivní řezání vodním paprskem je technologický proces využívající paprsek vysokotlaké vody s příměsí abraziva k řízenému obrušování materiálu. Používá se k řezání téměř všech materiálů do tloušťky cca 200 mm.

Měkké materiály (molitan, guma, tenké plasty, kůže...) lze řezat pouze vodou.



**Obrázek 58 - Zařízení pro řezání vodním paprskem**

Výhodou tohoto pracoviště je velká přesnost (opakovatelná přesnost polohování řezacího stolu je  $\pm 0,03$  mm) a kvalita (často odpadá i následné opracování) polotovaru. Protože se jedná o počítačově řízený proces, může být hotový polotovar obecného charakteru.

#### **Druhy materiálů:**

- **Kovy** dělení všech druhů kovových deskových materiálů studeným řezem bez mikrotrhlin v rozměrech od miniatur po desky 3000×2000 mm v tloušťkách od fólií do 200 mm.
- **Kámen** dělení žuly, mramoru, keramiky a umělého kamene s přesností 0,2 mm v libovolných křivkách řezu bez mikropnutí v kvalitě obrábění diamantovými nástroji
- **Sklo** dělení skla paprskem vody s abrazivem bez doteku nástroje nepoškozuje jeho povrch a ani hrany řezu. Při řezání zrcadla a lepených skel se nenaruší napařený povlak ani lepidlo

- **Měkké materiály** dělení měkkých materiálů vodním paprskem (koberce, molitan, kůže, plexi, překližka, lamináty, lepenka, PVC folie...) umožňuje rychlé a přesné řezání tvarů do intarzií, tapisérií či dětských skládaček, od běžných doplňků bytové architektury až po přesné těsnění nejsložitějších tvarů.

## 5.4. Drátořez - 2 osy

Obsahuje ucelenou sadu algoritmů pro práci s konturami ve 2D (možnost samozřejmě použít i objemová tělesa). Podporovanou technologií je 2D řezání drátem podél vodící kontury s možností vyklonění drátu v úhlu v rovině kolmé na pohyb drátu. Samozřejmostí je najetí/odjetí po přímce, oblouku, kombinovanou metodou, najetí z materiálu apod. Možnost násobných řezů se samostatnými ofsety a s pohybem tam a zpět. Nastavení elektrických hodnot pro jednotlivé dráhy. Simulace pohybu vodiček a polohy drátu v průběhu simulace obrábění.

Drátořez 2 osý umožňuje elegantní programování 2-osých CNC drátových řezaček. To je reprezentováno zejména funkcemi řezání po kontuře a řezání pod konstantním úhlem. Dílčí možnosti těchto funkcí jsou ovšem velice rozsáhlé. K dispozici jsou inteligentní nájezdy a odjezdy, automatické generování stopbodů a dořezávacích programů, nebo třeba bezodpadové odebrání (bezezbytkové odebrání) většího množství materiálu tak, že lze program na stroji spustit bezobslužně. Dále jsou k dispozici definice nástrojových a proudových skupin, přehledná simulace řezu s kontrolou oddělení odpadu od dílu. Výslednou operaci lze ještě ručně doplnit o dodatečnou změnu parametrů během řezu. Dráha je asociativní s geometrií, takže k její změně nebo k definování podobného řezu je zapotřebí jen minimum námahy. Nedílnou součástí je i funkce pro vytvoření vrtacího plánu pro drátořez, který je realizován přímo na stroji nebo je vygenerován jako výstup pro erozivní vrtačku, klasický NC stroj nebo výpis pro jinou přípravu polotovaru.

## 5.5. Drátořez - 4 osy

Drátořez 4 osý nabízí všechny výše uvedené funkce a k tomu ještě dodává možnost plně 4-osého řezání podél stěn 3D modelu, řezání podél dvou různých profilů, a nebo podél jednoho profilu s proměnným úhlem řezání. Zadání může být opět 2D geometrie nebo 3D model. Jsou zde možnosti synchronizace geometrie profilů, možnosti nastavení úhlů a synchronizačních bodů, které zabezpečují zvládnutí nejnáročnějších zadání drátového řezání. Zejména v 4-osém řezání je nutností naprostá kontrola polohy vodiček a jejich limitů v jednotlivých osách. Tyto hodnoty jsou nejen předmětem výstupu do NC-kódu, ale i součástí kontroly v simulaci.

Čtyřosý drátořez rozšiřuje možnosti dvouosého modulu na řezání tvarů podle kontury s proměnlivým úhlem, nebo plně čtyřosé řezání podle stěn modelu.

Obě funkce lze zadat i na 2D geometrii (importovaný výkres, data excel atd.) s ručním dosazením příslušných hodnot požadované geometrie, jako je synchronizace kontur nebo kónický či ISO oblouk. Synchronizaci je však výhodnější zadat přímo samotným modelem CAM. Ve všech případech se CAM snaží automaticky vytvořit nejvhodnější konfiguraci, ale v případě nutnosti ručního zásahu jsou k dispozici náhledy a vodička, podle kterých se uživatel snadno orientuje a má kontrolu nad výsledným tvarem.

Zejména v čtyřosém řezání je nutností naprostá kontrola nad polohou vodiček a jejich limitech v jednotlivých osách. Tyto hodnoty jsou nejen předmětem výstupu do NC-kódu, ale i součástí kontroly v simulaci.

## 6. Návod k uložení

Pro uložení žezel jsem navrhl dřevěné kufry - materiál dřevo dub masiv tl. 18 mm. Tyto kufry jsou opatřeny standardními panty. Jelikož na uzavírací mechanismus byl požadavek neuzamykat kufry klíčem, navrhl jsem zvláštní koncepci – trojruční otevírání.

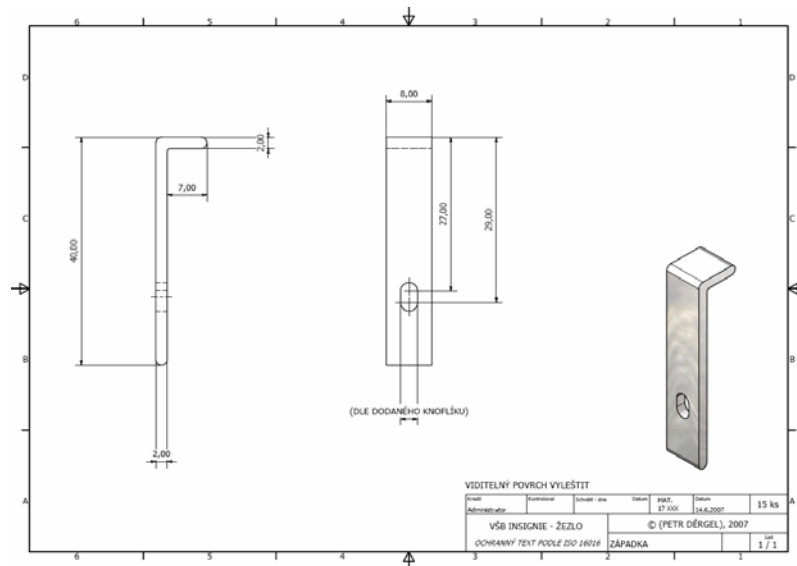


Obrázek 59 - Trojruční otevírání kufru

Tento princip spočívá v tom, že kufr má tři otevírací tlačítka vzdálené od sebe tak, aby při otevření musely být současně všechny tři tlačítka zatlačeny. Tímto vznikla morální ochrana před neoprávněným poškozením, protože k otevření kufru je zapotřebí tří rukou, to znamená minimálně dvě osoby. Pokud by došlo k poškození, nebo jinému zneužití insignie, bylo by zřejmé, že kromě neoprávněné osoby musela být přítomna ještě další osoba – svědek události.



Obrázek 60 - Princip zámku

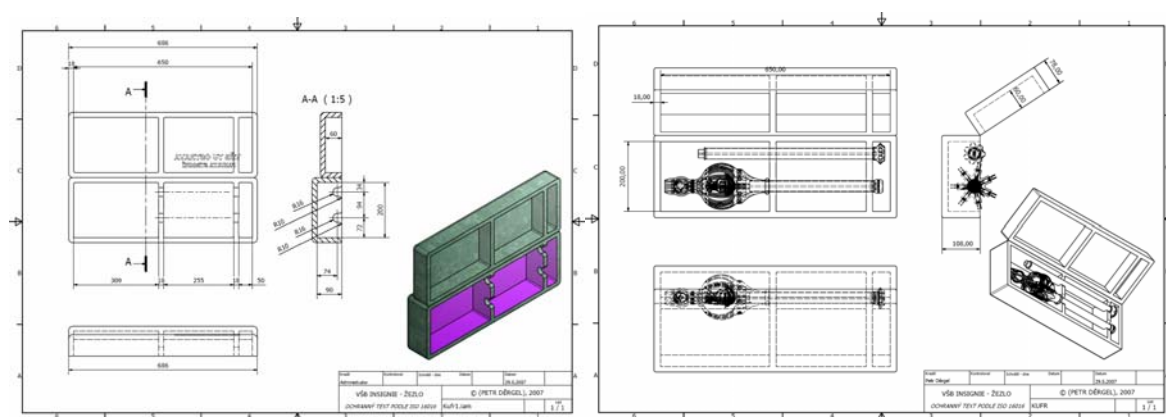


Obrázek 61 - Západka zámku

Kování zámku bylo vyrobeno z oceli tř 17 dle výkresové dokumentace.

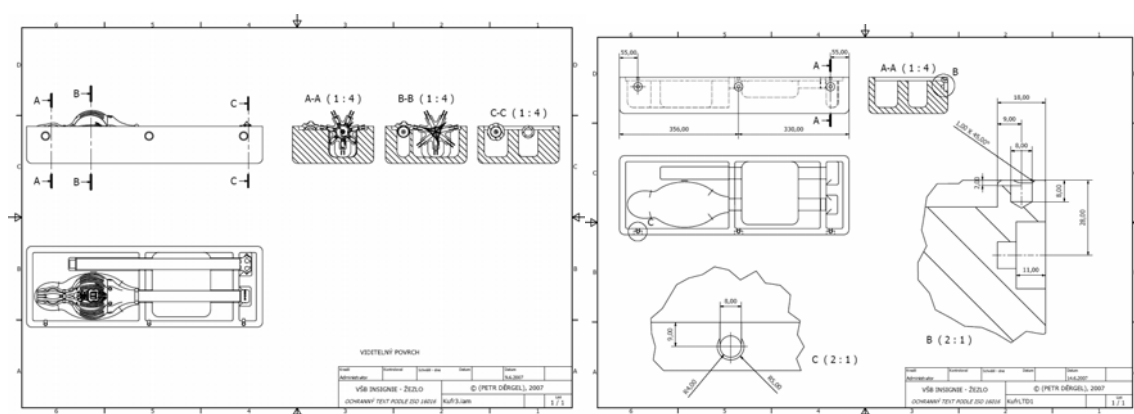






Obrázek 64 - Výkresová dokumentace kufru

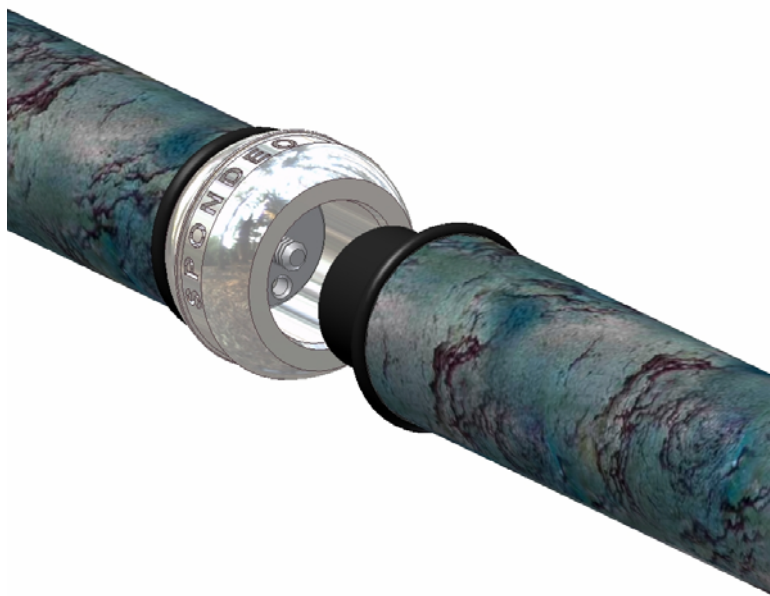
Kufry byly zhotoveny dle výkresové dokumentace. Hrany jsou sraženy modulovou frézou R 30 po vnějším obvodu.



Obrázek 65 - Výkresová dokumentace kufru (řezy)

## 7. Návod k používání

Žezlo je třeba uchovávat v dodaném kufru. Po vyjmutí se střední části koule do sebe zasunou a lehce dotáhnou ve směru hodinových ručiček (pravý závit).



Obrázek 66 - Montáž žezla

Při přenášení je nutno dbát zvýšené opatrnosti, zvláště se vyvarovat otřesům, vibracím a pádu žezla na zem.

Je výslovně zakázáno používat při čištění jakékoliv chemické přípravky, zvláště pak na bázi lihu. Povrch žezel je opatřen speciálním lakem, který by byl těmito čistícími prostředky poškozen.

Čištění se provádí pouze suchou měkkou textilií, která nemůže způsobit poškrábání ochranného laku.

Zvláště udržujte v čistotě ozdobné diamanty, pro zvýšení lesku (brilantového brusu kamenů).



**Obrázek 67 - Bezpečné uložení insignie**

Žezlo neodkládejte na rovné plochy s tvrdým povrchem (stůl, lavice apod.). K odkládání výhradně používejte dodané kufrý a z bezpečnostních důvodů je uzavřete před vzdálením z prostoru uložení kufrů.



**Obrázek 68 - Povrch kufru je nutné chránit před vlhkostí nad 70%**

## 8. Hodnocení výsledků

Výsledkem této práce byl popis vzniku a tvorby technické dokumentace při technicko uměleckém řešení zadaného úkolu. Tato práce objasnila nezastupitelnou roli technické dokumentace při výrobě a uvádění výrobku na trh.

Tímto návrhem jsem vytvořil dílo dlouhodobé hodnoty, ve kterém se podařilo skloubit umělecko estetické prvky spolu s technickými. V díle je zřetelný vliv progresivních výrobních technologií, které přivádějí pozorovatele k zamyšlení. Při podrobném pečlivém zkoumání lze objevit velmi zajímavé skutečnosti. Bádavému člověku se znalostí numerologie mnoho napoví seznámení se s hodnotami kót jednotlivých prvků.

Přiznám se, že teorie zlatého řezu jsem objevil až zkoumáním jednotlivých kót při tvorbě výkresové dokumentace. Při zhotovování modelu jsem totiž použil jedinou kótu pro výšku modelu znaku – 83mm (původní dle předlohy měl výšku 500mm). Všechny ostatní rozměry se odvíjely při modelování od tohoto znaku.



Obrázek 69 - Inaugurace rektora

Osobně jsem spokojen s vytvořeným dílem, který je přesný dle modelu a zvolené výrobní technologie plně uspokojily požadavky a nároky kladené na finální výrobek. Nezastupitelný podíl na tomto faktu, stejně jako na všech ostatních dílech, má právě technická dokumentace.

S nástupem CAD technologií vznikl přínos - veliké zjednodušení práce konstruktéra, rozšířily se jeho možnosti a zefektivnila se jeho činnost. Kladným prvkem je bezesporu zkvalitnění objemové tvorby těles, zlevnění finančních nákladů na vývoj díky možným analýzám metodou konečných prvků, řešičem dotyku v sestavách a analýzy vyrobiteľnosti. V PC je možné již provádět prototypové zkoušky a zrychlit tak zavádění nových výrobků. Díky těmto metodám je člověk schopen realizovat i velmi komplikované úlohy, které jsou příliš složité pro lidskou představivost. Jevy, které jsou popsateľné exaktní vědou, by klasickým matematickým řešením byly časově velmi náročné – např. řešení složitých tvarů obecných ploch pomocí matematických rovnic a podobných metod.

V těchto technologiích, dle mého názoru, dochází bohužel i k zápornému faktu, a to oslabování invence konstruktéra, který se tím stává pohodlnějším a okolí ho méně zatěžuje v kombinačním přemýšlení, a tím se omezuje jeho nutnost vypořádat se pouze s vlastními silami se zadaným úkolem.

Někde pro výrobu stačí 3D scanner, a výrobky jsou chrleny v úžasně krátkém čase, v obrovském množství a extrémně nízkou cenou - bez dokumentace, testů, zkoušek, respektování bezpečností, životností.....

## 9. Závěr

Prostorové modelování si našlo postupně cestu do řady oblastí konstrukce, designu, architektury, ale také filmového umění a medicíny. První široké uplatnění našlo prostorové modelování v letectví a kosmonautice. Pokud využijeme možností vizualizace, můžeme prostorovému modelu dát reálný vzhled přiřazením materiálů, nebo jej rozpohybovat pomocí počítačových animačních technik. Díky prostorovému modelování, vizualizaci a počítačové animaci může architekt provést návštěvníky prostorami nového hotelu, ještě před položením základního kamene.

Uvědomme si ale, že funkční část nástroje je jednou z desítek součástí, které tvoří celou sestavu. Bylo by neefektivní a dokonce i prakticky nereálné předávat data do veškeré výroby tímto způsobem. Řada běžných součástí má dokonce jednoduchou geometrii a může se vyrábět na konvenčních strojích v kusové a malosériové výrobě. Právě zde je nutné počítat s prakticky nezastupitelnou úlohou výkresové dokumentace, která musí být provedena podle příslušných norem a předpisů, které jsou v řadě technických oblastí přímo nekompromisní.

Bez prostorového modelování by dnes nebyl vyroben ani jeden moderní automobil, letadlo či jiný moderní dopravní prostředek. Chápejte techniky prostorového modelování jako nastupující budoucnost počítačové konstrukce ve všech oblastech. Konstrukteři a technici se budou stále častěji odchylovat od zažitých pravidel 2D zobrazení a půjdou cestou, která je daleko přirozenější našemu myšlení, cestou 3D reálného světa. Existuje několik přístupů k modelování prostorových objektů. Jejich vývoj stále pokračuje a objevují se stále modernější funkce a postupy. Pokud se podíváme na historii prostorového modelování, existují dva základní postupy pro vytvoření prostorových modelů.

Díky nástupu cenově dostupného hardware a kvalitním operačním systémům bude první desetiletí nového milénia “zlatým věkem” pro nasazení 3D systémů do strojírenské praxe bez ohledu na zaměření a specializaci.

Společně s nutností změny orientace myšlení z klasické 2D konstrukce na 3D modelování tvoří osvojení produktu nejvýraznější podíl na finančních ztrátách.

Důležitým faktorem při volbě adaptivního modelování byla jeho optimalizace nejen z hlediska funkčnosti, ale také metodiky obsluhy. Z ekonomického pohledu znamená přechod na pokročilé technologie modelování dočasné snížení efektivity, dané především změnou myšlení konstruktérů.

Moderní technologie nám umožňují se stále častěji vracet k podstatě prostorového myšlení, které je pro navrhování daleko přirozenější a efektivnější. Samozřejmě že klasická koncepce 2D výkresové dokumentace ještě zůstane v některých oborech dlouho základním zdrojem informací, ale i zde může znamenat využití prostorových modelů urychlení a zkvalitnění vývoje. Potenciálem znalostí konstruktérů, technologů a návazných oborů nemusí být plýtváno v oblastech, které dokáže zpracovat výpočetní technika v podstatně kratším čase a vyšší kvalitě.

**Na tomto místě vyjadřuji poděkování všem ,  
kteří mi pomohli k vytvoření této práce :**

**doc.Ing.Františku Helebrantovi, CSc    *za vedení celé práce***

**doc. Ing. Podjuklové Jitce, CSc.        *za konzultaci a poradenství u  
fakultních návrhů***

**Ladislavu Urbačkovi                      *za hlavní spolupráci, konzultaci  
a poradenství při tvorbě celého  
uměleckého návrhu obou koncepcí***

**své manželce, synům a rodičům        *za podporu při této práci  
i v době celého studia***